

Mittheilungen

über die Donau-Ufer-Bahnstrecke Wien—Kaiser-Ebersdorf und die Localbahn von Ebersdorf nach Würbenthal.

Vortrag gehalten in der Wochenversammlung am 11. December 1880

von

Ludwig Huss,

k. k. Inspector und Vorstand des Unterbau-Bureaus der k. k. Direction für Staats-Eisenbahnbauten.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 1—4.)

Die Donau-Ufer-Bahnstrecke Wien—Kaiser-Ebersdorf.

Das Schlussglied der Donau-Ufer-Bahn*): die Strecke Wien—Kaiser-Ebersdorf beginnt bei der Stadlauer Donau-Brücke. Die Trace geht hier längs und in der Höhe des neuen Donau-Ufers unter der Linie der k. k. priv. österr. Staatseisenbahn weg, dann neben der Schiffmühlen-Colonie hin, immer der Uferhöhe und Richtung folgend, bis ungefähr $1\frac{1}{4}^{\text{km}}$ vor die Mündung des Donau-Canales in den Hauptstrom.

Die Trace nimmt hierauf mit einem Bogen von 275^{m} Halbmesser die Richtung gegen Kaiser Ebersdorf, wobei sie das alte Bett des Donaustromes durchschneidet, das eine weitreichende, öde Bucht bildet, die den Namen „Winterhafen“ erhalten hat.

Dabei erhebt sich die Trace, indem sie auf eine Länge von 0.4^{km} mit $12\frac{1}{2}\text{‰}$ steigt, bis zur Höhe von 10.3^{m} über dem Nullwasser. Sie erreicht hierauf das Trennungswerk zwischen dem „Winterhafen“ und dem Donau-Canal, überschreitet dann, mit 5‰ fallend, den Donau-Canal und erreicht endlich, indem sie auf circa 0.4^{km} mit $12\frac{1}{2}\text{‰}$ fällt, das Geleise der Kaiserin Elisabeth-Bahn bei dem letzten Wächterhause der Strecke Schwechat — Lände-Bahnhof Ebersdorf, wo die Donau-Ufer-Bahn endet.

Alle Anlagen sind für ein Geleise ausgeführt; längs des Donau-Ufers aber ist das Recht erworben, im Bedarfsfalle, ohne eine Grund-Entschädigung leisten zu müssen, noch ein zweites und drittes Geleise ausführen zu können.

Bemerkenswerth ist bezüglich der Tracenführung, dass das Geleise-Mittel längs der Schiffmühlen-Colonie nur 11.85^{m} von den Bretterhütten entfernt liegt, aus welchen diese Ansiedlung besteht, ohne dass feuersichere Herstellungen vorhanden gewesen oder gemacht worden wären. Dies war dadurch möglich, dass die Mühlenbesitzer auf eine Entschädigung verzichteten im Falle eines durch den Zugverkehr veranlassten Brandes, welcher Modus sich fand, indem die Müller andernfalls den Ort der Ansiedlung hätten räumen müssen.

Die Züge verkehren den Mühlen entlang übrigens nur mit aller Vorsicht. Die Fahrgeschwindigkeit ist hier 8^{km} , von da stromabwärts aber 12^{km} per Stunde; Bahn-Abschlüsse und Einfriedungen kommen nicht vor.

Die ganze Strecke ist bloß 5.2^{km} lang, überdies aber ist dieselbe bis vor ihren Endpunkt ausnehmend uninteressant und ich würde ihrer hier wohl nie erwähnt haben, wenn

*) Eine eingehende Beschreibung der älteren Strecke dieser Bahn ist im Jahrgang 1878 dieser Zeitschrift, Seite 115—122, enthalten.

diese Strecke nicht gegen ihr Ende zu die von mir bereits angedeuteten Brücken enthielte, Bauwerke, die immerhin von Interesse sein können.

Unmittelbar vor dem erwähnten Trennungswerke ist nämlich die Winterhafen-Brücke und unmittelbar hinter derselben die Donaucanal-Brücke erbaut; beide Brücken haben am Trennungswerke einen gemeinsamen Pfeiler.

Die Winterhafen-Brücke musste so angelegt werden, dass unter der Brücke in der Tiefe von 2.0^{m} unter Null eine lichte Breite des Fahrkanals von 29^{m} vorhanden ist, woraus sich eine Lichtweite der Brücke von 60^{m} ergab. Die untere Trägerfläche war 9.5^{m} über Null anzulegen. Diese Brücke liegt in einer Horizontalen; beide Brücken liegen in ein und derselben Geraden.

Die Donaucanal-Brücke hat, entsprechend einem thatsächlichen Bedürfnisse eine Lichtweite von 88.0^{m} erhalten, und liegt im 5‰ Gefälle.

Die beiden Widerlager sind senkrecht zur Bahnaxe gestellt und bilden mit dem Trennungsdamme einem Winkel von 80° Graden, ein Umstand, der nicht im Geringsten störend wirkt.

Der Baugrund ist sandiger Schotter. Die Widerlager sowohl als der Trennungspfeiler ruhen auf je einem Betonblock, dessen Sohle 3.0^{m} unter Null liegt. Alle Pfeiler sind durch Spundwände und schwere Steinwürfe geschützt und beim Trennungspfeiler ist überdies zum weiteren Schutz der Spundwand noch eine äussere Pfahlwand angebracht. Bei diesem Pfeiler und beim Ebersdorfer Widerlager sind auch Verdichtungspfähle geschlagen worden.

Die nachstehende Tabelle zeigt die Fundamenttiefen:

Tabelle der Fundamenttiefen.

Gegenstand	Mittl. Tiefe unt. Nullwasser in Meter beim		
	Widerlager im Winterhafen	Trennungspfeiler	Widerlager am Donaucanal
Sohle des Betonblockes . .	3.00	3.0	3.0
Spitzen der Verdichtungs-pfähle	—	6.4	6.0
Spitzen der Spundpfähle .	5.8	5.2	5.0
Spitzen der äusseren Schutz-pfähle	—	7.0	—

Der Bau der Brücke wurde in Mitte des November 1879 begonnen. Anfangs Jänner 1880 waren bei beiden Widerlagern die Spundwände, beim Ebersdorfer Pfeiler aber auch die Verdichtungspfähle geschlagen, die Baggerarbeiten geleistet und beim Trennungspfeiler war mit dem Schlagen der Spundwand begonnen worden.

In diesem Stadium wurde der Bau durch einen Eisgang und ein Hochwasser von 6.0^m Höhe über Null — Ereignisse, wie sie seit 50 Jahren nicht vorgekommen waren — überrascht.

Das Eis war gleich unterhalb der Mündung des Donaucanales in Stockung gerathen, staute dort und drängte zurück in den Donau canal und mehr noch in den Winterhafen.

Hiebei wurde der provisorisch vorgenommene Verschluss der Baugrube im Trennungsdamme durchbrochen und strömte Eis und Wasser durch die Lücke in den Donau canal (3. Jänner 1880). Als aber später (6. Jänner) die erwähnte Eisbarre durchbrochen wurde und das Wasser im Winterhafen fiel, während die Mündung des Donaucanales verstopft blieb, ergoss sich der Donau canal durch die Oeffnung, die nun in Nullwasserhöhe 40^m Weite hatte in den Winterhafen, wodurch wahrscheinlich ein Dammbbruch weiter oben verhindert wurde.

Die, wie erwähnt wurde, angefangene Spundwand am Trennungspfeiler ward hiedurch zerstört, an den übrigen Fundirungsarbeiten aber ist kein Schaden vorgekommen.

Ohne weiteren Unfall wurde sodann auch der Trennungspfeiler fundirt. Sämmtliche Pfeiler waren in Mitte Juli bis über die Auflagerquader der Tragconstruction aufgemauert und als am 12. October l. J. die Eröffnung der Bahn erfolgte, war die Brücke ganz vollendet und der Trennungs-Damm wieder fertig hergestellt.

Die Krone dieses Dammes ist nun gegen den Pfeiler zu sanft ansteigend angelegt, damit, falls sich ein derartiger Rückstau des Eises wiederholen sollte, der Durchbruch nicht an der Stelle des Pfeilers stattfindet. Alle Pfeiler aber wurden auch über den Fundamenten mit der grössten Sorgfalt so geschützt, dass ihnen ähnliche Ereignisse keinen Schaden zufügen können.

Die Widerlager und der Pfeiler wurden über Null aus gewöhnlichem Bruchstein-Mauerwerk in hydraulischem Mörtel ausgeführt. Die sichtbaren Theile sind mit Quadern aus Neuhauser Granit verkleidet und eben solcher Stein ist zu den Auflagerquadern der Träger und zu den Parapeten verwendet worden.

Die nachstehende Tabelle zeigt die Preise der Herstellungen:

Einheits-Preise.

Gegenstand	Maassgattung	Einheitspreis		Gegenstand	Maassgattung	Einheitspreis	
		fl.	kr.			fl.	kr.
Unterbau-Arbeiten.							
Aushub der Bahn- und Wegeinschnitte sammt Verführung und Anschüttung in der Strecke längs des Donau-Ufers	Meter	—	30	Bruchsteinmauerwerk mit hydr. Mörtel	Kbm.	8	50
Herstellung der Bahn-, Weg- und Uferschutzdämme bei der Brücke (Material-Beistellung)	Kbm.	—	70	Quadermauerwerk aus Granit von Neuhaus	"	70	—
Erdaushub sammt Transport	"	—	70	Holzconstructions aus weichem Holz	"	38	—
Baggerungen bis 2.5 ^m unter Wasser	"	2	40	Spundwände 0.13 ^m stark aus weichem Holz	Q.-M.	9	60
" über 2.5 ^m "	"	4	50	Lieferung von Piloten aus weichem Holz im Mittel 0.3 ^m stark	Meter	—	70
Wiedergewinnung sammt Transport	"	—	40	Einrammen der Piloten	Rammh.	3	25
Strassenbeschotterung mit Schlägelschotter	"	—	80	Brückenhölzer aus Eichenholz, ohne die Imprägnirung	Kbm.	50	—
Steinwurf sammt Materialbeistellung	"	2	70	Brückenbedielungen aus Eichenholz 0.05 ^m stark	Q.-M.	3	—
Steinsatz " "	"	2	70	dto. dto. 0.08 ^m "	"	4	80
Pflasterungen trocken 0.3 ^m stark	Q.-M.	2	—	Für die Beschaffung und Erhaltung der erforderlichen Werk-, Materialplätze und Magazine, Herstellung einer Bauhütte, Errichtung und Erhaltung von über die Baugruben führenden Treppelwegen, Transportstege etc. etc.	Pauschale	9000	—
" " 0.3 ^m —0.6 ^m stark	Kbm.	6	25	Wiederherstellung des Separationsdammes	Kbm.	1	—
mit Granitwürfeln	Q.-M.	8	—	Abpflasterung der Böschungen, Bermen und Kronen	Q.-M.	1	50
Fundamentmauerwerk in hydr. Mörtel	Kbm.	6	75				
Beton mit hydr. Kalk	"	8	40				
Oberbau-Arbeiten.							
Lieferung und Einbringung von Bahnschotter	Kbm.	1	—	Wegübergang im Niveau der Bahn	Stück	25	—
" v. Reserveschotter aus Einschnittsmateriale	"	—	25	Abrichten und Legen der Sicherheitsschwellen	"	2	—
Legen der Geleise	Meter	—	70	Für Mehrarbeit beim Legen der Geleisedurchschneidung	"	40	—
Für Mehrarbeit beim Legen von Weichen u. Kreuzungen	Stück	25	—	Für Mehrarbeit beim Legen der Dilatations-Vorrichtung	"	4	50
Abschluss und Distanzierung der Bahn.							
Neigungszeiger	Stück	8	—	Zehntel-Kilometerpföcke sammt Versetzen	Stück	1	60
Warnungstafeln mit Eichenholz-Ständer	"	23	—	Kilometersteine sammt Versetzen	"	5	—
dto. " gusseisernem Ständer	"	53	—				

Die Brückenschwellen sind aus Eichenholz und wurden mit Zinkchlorid imprägnirt; diese Schwellen kosten nun auf der Brücke per Kubikmeter 60 fl.

Der Ueberbau beider Brücken ist in Eisen ausgeführt. Die Fahrbahn liegt am geraden Untergurt, der

Obergurt ist parabolisch gekrümmt; die Endständer haben 3.0^m Constructionshöhe. Die Höhe der Tragwände (in der Mitte) ist bei der Winterhafenbrücke 9.8, bei der Donau canal-Brücke 13.1^m, das sind im ersten Falle $\frac{1}{3}$, im zweiten $\frac{1}{2}$ der Stützweite. Die Fachwände haben ein

zweifaches, unsymmetrisches Fachwerk mit verticalen Druckstreben.

Die statische Rechnung ist auf Grund eines Lastenzuges, dem drei Achtkuppler vorgespannt sind, unter Berücksichtigung der durch die Verkehrslast erzeugten Stösse, nach den Launhardt-Weyrauch'schen Vorschlägen durchgeführt*). Wo diese Rechnung aber geringere Stärken ergab, als nach der Verordnung vom 30. August 1870 erhalten werden, wurden letztere Stärken in die Projecte eingeführt.

Der Obergurt hat einen kastenförmigen Querschnitt, der Untergurt besteht aus zwei umgekehrten T-förmigen Querschnitten, die an den Knotenpunkten miteinander verbunden sind. Die Verticalen sind aus 4 Winkeln gebildet, sie werden von den bandförmigen Diagonalen umschlossen; die Windverbände sind steif gehalten.

Die Winterhafen-Brücke von 61.6^m Stützweite erforderte an Schmiedeeisen 2102, die Donaucanal-Brücke von 90.0^m Stützweite 2713^{kg} pro Meter Stützweite. Beide Brücken sind daher leicht.

Die Donaucanal-Brücke hat von allen Fachwerksbrücken Oesterreich-Ungarns die grösste Trägerhöhe; der Spannweite nach nimmt sie unter diesen Brücken den 3. Rang ein. Sie ist — auf gleiche Stützweite mit anderen Brücken bezogen — um 26.9% leichter als die Theissbrücke bei Algyö (104.5^m Stützweite), ferner um 21.5% leichter als die Inundations-Brücke der Nordwestbahn-Donaubrücke (82.17^m Stützweite), endlich auch um 16.3% leichter als die Donaucanal-Brücke in Nussdorf (88.9^m Stützweite), wobei allerdings die beiden erstgenannten Brücken Parallelträger haben, die letztgenannte aber unter 40° schief angelegt ist. Die Montirung der Winterhafen-Brücke erforderte 22, die der Donaucanal-Brücke 33 Arbeitstage. Sie begann damit, dass die Untergurte der grösseren Brücke gelegt und nahezu vollständig vernietet wurden. Das Brückenmaterial war am Ebersdorfer Ufer abgelagert. Hierauf wurden die auf den Trennungspfeiler kommenden Endständer der Canalbrücke liegend mit dem End-Querträger verschraubt, dann mit Winden und Stangen aufgerichtet, wobei sie gleichzeitig auf die Untergurte aufgesteckt wurden; in ihrer richtigen Lage angelangt, wurden sie dann sofort mit den Untergurten verschraubt. Des Weiteren wurden die ersten Schwellenträger an den End-Querträger angestossen und damit verbunden. In ähnlicher Weise wurden die 2. Verticalen aufgerichtet, wobei der zweite Querträger sich auf die Enden der ersten Fahrbahnträger stützte und an diesen während des Aufrichtens in seine richtige Lage herabglitt, und ebenso erfolgte auch die Aufstellung aller übrigen Verticalen, nur dass diese in den folgenden Partien — wo obere Querverbindungen vorhanden sind — noch dadurch erleichtert wurde, dass aus dem Querträger, den zugehörigen Verticalen und dem oberen Querriegel feste Rahmen gebildet werden konnten. Hierauf wurde der untere Windverband angebracht. Die stehenden Verticalen wurden in der Ebene der Trägerwand durch einen leichten Balken verbunden, der in das Fachwerk derselben hineingesteckt und eingekleimt war. Auf diesen Balken kamen dann einige Quer-

*) Seite 101 und 102 des Jahrganges 1880 dieser Zeitschrift enthält hierüber Näheres.

balken und über diese, wieder parallel zur Brückenwand, auf jeder Seite der Wand einige Bretter und dies war das obere Gerüst, von welchem aus der Obergurt und der obere Windverband montirt wurde.

Das Aufstellen der Rahmen erforderte für jede der beiden Brücken 6 Tage.

Der Ueberbau beider Brücken ist von J. Körösi geliefert worden. Das Materiale ist vorzügliches Köflacher Eisen; die Arbeit ist musterhaft.

Körösi hat den Ueberbau beider Brücken einschliesslich der Auflagerungen, dann der Geländer um eine Pauschalsumme von 94,200 fl. geliefert. Diese Summe basirt auf einem Preise von 24 fl. 13 kr. für 100^{kg} Schmiedeeisen, 16 fl. für Gusseisen und 30 fl. für Stahl und Blei, oder im ganzen Durchschnitt von 23 fl. 84 kr. pro 100^{kg} Brückengewicht. Die Preise enthalten auch die Kosten der Montirungsgerüste und des Anstriches. Der Ueberbau der Winterhafen-Brücke kostet hiernach 33.425, jener der Donaucanal-Brücke 60.775 fl.

Die Brücken wurden bei der behördlichen Belastungsprobe mit einem Zuge aus 2 Achtkupplern, zwei Sechskupplern und einem Schienenwagen befahren, welcher Zug rücksichtlich der kleinen Brücke einer gleichförmig vertheilten Last von 4352, rücksichtlich der grossen von 4001^{kg} entsprach. Dabei war die elastische Einsenkung in der Trägermitte bei der kleinen Brücke $\frac{1}{2600}$, bei der grossen $\frac{1}{2700}$ der Stützweite. Das Ergebniss war sonach ein ausnehmend günstiges.

Auf ihr Verhalten gegen Horizontalkräfte wurde die grosse Brücke später eingehend geprüft, und ergab sich hiebei am 9. December 1880, während bei einem Sturme von der Stärke 7 ein Zug über die Brücke verkehrte, ein Schwanken des Obergurtes von 12^{mm}. Es lässt diese Beobachtung daher schliessen, dass die stärksten hier auftretenden Winde von der Stärke 10 nur Schwankungen von 24^{mm} verursachen und somit die Grösse nicht erreichen werden, um welche sich die Träger, im verticalen Sinne, beim Befahren durch leichte Züge elastisch einsenken. Ich darf daher wohl behaupten, dass diese Brücken bezüglich ihrer Widerstandsfähigkeit gegen den Wind, trotz des geringen Aufwandes, der für die betreffenden Vorkehrungen gemacht wurde, Nichts zu wünschen übrig lassen.

Der Unterbau der Brücke kostet circa 81.000 fl., wovon auf je ein Widerlager 25.500 fl., auf den Trennungspfeiler 25.000 fl., und auf die Brückenhölzer und den Belag 4.600 fl. entfallen. Die Gesamtkosten beider Brücken sind 175.000 fl.

Die Tafeln 1 u. 2 zeigen das Detail dieser Brücke. Die ganze Theilstrecke Wien-Kaiser-Ebersdorf kostet, einschliesslich der Vorarbeiten und der Bauleitung circa 404.000 fl. oder 77.750 fl. per Kilometer Bahnlänge, wobei aber zu bemerken ist, dass die Bahngründe längs des Donau-Ufers unentgeltlich zur Verfügung standen.

Zu diesen Kosten hat die Kaiserin Elisabeth-Bahn 150.000 fl. beigetragen, und überdies zahlt diese Bahn eine Jahresrente von 10.000 fl., wogegen sie aber das Recht der Mitbenützung der Strecke erworben hat.*)

*) Vertrag: Centralblatt für Eisenbahnen und Dampfschiffahrt vom 1. Jänner 1880.

Die Localbahn Erbersdorf-Würbenthal.

Diese Linie zweigt in Erbersdorf von der mährisch-schlesischen Centralbahn ab.

Die Bahn fällt von Erbersdorf bis Kunau auf 2^{km} Länge mit durchschnittlich 18^{0/00}, und zwar in den Geraden im Maximum mit 19·3^{0/00}; in den Bögen ist dieses Maximum verkleinert, so dass es in den kleinsten Bögen (150^m Halbmesser) nur 14·3^{0/00} beträgt.

In Kunau erreicht die Bahn den Oppfluss und zieht dann an dessen rechtem Ufer bis Würbenthal hin. Dabei steigt die Trace fortwährend und zwar im Maximum in den Geraden mit 14^{0/00}, welche Steigung in den Bögen bis auf 9^{0/00} ermässigt wurde. Die Durchschnittssteigung ist hier auf 2½^{km} Länge 12·6^{0/00}. Die Bahn ist häufig in herrlichem Fichtenwald und häufiger noch ist sie am Waldessaume geführt; auf weite Strecken liegt sie hart am Oppa-Ufer.

Ich weiss keine reizendere Landschaft, als sich hier ausbreitet. Die Linie ist 20·7^{km} lang. Rücksichtlich der Bauschwierigkeiten ist sie der bekannten Kriegsdorf-Römer-

städter*) ziemlich gleich, nur dass hier nicht unbedeutende Uferschutzbauten vorkommen. Die Zahl der Kunstbauten ist mässig und die einzig vorkommende Brücke hat nur 20^m Lichtweite. Alle Anlagen und die Fahrbetriebsmittel**) sind conform jenen der letztgenannten Linie ausgeführt worden, weshalb ich eine Beschreibung derselben unterlasse, und nur noch erwähne, dass der Erweiterungsbau der Ausgangsstation circa 24.000, der Bahnbau selbst aber per Kilometer Bahnlänge circa 28.000 fl. kostet, wozu noch circa 2700 fl. kommen, welche die Interessenten per Kilometer beitrugen, alles einschliesslich der Vorarbeiten und der Bauleitung. Es ist dies sonach die billigste Localbahn, welche die Staatsverwaltung gebaut hat. Die Preise, welche gezahlt wurden, sind in der nachstehenden Tabelle verzeichnet; sie sind durch die Concurrenz ausserordentlich niedrig geworden, und es wäre kein Wunder, wenn sie nun unzureichend sein würden.

*) Siehe Jahrgang 1879 dieser Zeitschrift, Seite 106 bis 116.

**) Siehe Jahrgang 1879 dieser Zeitschrift Seite 11, 82 und 167

Einheits-Preise.

Gegenstand	Maass-gattung	Einheitspreis		Gegenstand	Maass-gattung	Einheitspreis	
		fl.	kr.			fl.	kr.
Unterbau-Arbeiten.							
Erd- und Felsaushub sammt Transport	Kbm.	—	39	Fundamentmauerwerk mit mag. Mörtel	Kbm.	4	20
Baggerungen bis 2·0 ^m unter Wasser	"	2	31	" " " " " hydr. "	"	4	80
dto. über 2·0 ^m	"	3	31	Brunnenmauerwerk in mag. Mörtel	"	8	51
Wiedergewinnung sammt Transport	"	—	17	" " " " " in hydr. "	"	5	60
Sickerungen sammt Ausbau in Einschnitten	Stück	—	14	Dohlendeckelmauerwerk	"	6	23
" " " " in den Stationen	Meter	—	15	Quadermauerwerk aus Raaser-Stein	"	12	83
" " " " unter Dämmen	"	—	19	" " " " " Granit	"	25	64
Herstellung von Strassen-Grundbau	Kbm.	1	03	" " " " " " "	"	33	68
Strassen-Beschotterung mit Schlägelschotter	"	1	41	Gewölbmauerwerk aus Bruchstein	"	6	65
" " " " " Grubenschotter	"	—	64	Holzconstructions aus weichem Holz	"	14	91
Steinwurf	"	1	54	" " " " " Lärchenholz	"	21	58
" aus Einschnittsmateriale	"	—	46	Spundwände, 0·13 ^m stark aus weichem Holz	Q.-M.	7	71
Steinsätze	"	1	45	Brückenhölzer, scharfkantig bearb. aus Lärchenholz	Kbm.	23	13
" aus Einschnittsmateriale	"	—	38	Brücken-Bedielungen aus Lärchenholz 0·04 ^m stark	Q.-M.	1	—
Flechtwerke 0·15 ^m hoch	Meter	—	12	" " " " " 0·07 ^m	"	1	46
" 0·30 ^m	"	—	19	Für die Sicherung und Trockenhaltung der Baugruben			
" 0·60 ^m	"	—	31	aller Objecte, für die erforderlichen Provisorien,			
Fundamentaushub bei Objecten	Kbm.	—	58	Hilfsgerüste, Schutzvorrichtungen etc.	Pauschale	1230	50
Trockenmauerwerk	"	2	08	Für Gesträuchpflanzungen und zwar:			
" aus Einschnittsmateriale	"	1	02	Weiden- und Erlenstecklinge (Stupfer)	1000 St.	3	85
Pflasterungen trocken 0·2 ^m stark	Q.-M.	—	48	Dreijährige Tannen- oder Fichtensetzlinge	"	19	25
" " 0·3—0·6 ^m stark	Kbm.	2	23	Herstellung von Rasenbekleidungen, und zwar:			
" in hydr. Mörtel 0·2 ^m stark	Q.-M.	1	11	mit Flachrasen	Q.-M.	—	09
" " " 0·3—0·6 ^m stark	Kbm.	6	06	mit Kopfrasen	"	—	23
Oberbau-Arbeiten.							
Lieferung und Einbringung von Bahnschotter	Kbm.	—	64	Für Geleiseabschlüsse, ohne das Erdprisma			
Lieferung von Reserveschotter	"	—	40	Für Mehrarbeit b. Einlegen v. Weichen sammt Kreuzung	Stück	2	31
Legen der Geleise auf der currenten Strecke und in den Stationen	Meter	—	52	Wegübergang im Niveau der Bahn	"	11	56
Abschluss und Distanzierung der Bahn.							
Leichte Einfriedung	Meter	—	19	Abrichten und Legen der Sicherheits-Schwellen	"	7	71
Schwere "	"	—	27	Warnungstafeln complet			
Verdichtete "	"	—	54	Zehntel-Kilometerpföcke	Stück	5	49
Neigungszeiger complet	Stück	4	62	Kilometersteine	"	—	77
				Grenzsteine ohne Versetzen	"	3	24
					"	—	62

Auf dieser Bahn kamen 13 Stück Brücken-Constructions zur Ausführung, und zwar: 12 Stück Blechwandträger von 2·4 bis 6·6, und ein Parabelträger mit „oben“ liegender Fahrbahn, von 21^m Stützweite.

Alle diese Brücken sind aus weichem Bessemerstahl, sogenanntem Flusseisen hergestellt worden, was bei uns ein Novum ist.

Die Blechwandträger haben alle eine 9^{mm} starke Wand und Gurtwinkel vom Kaliber $\frac{2 \cdot 0 \cdot 2 \cdot 0}{10}$, ferner Gurtlamellen von 220^{mm} Breite und Wandsteyfen nach Bedarf; die Trägerhöhe beträgt circa $\frac{1}{10}$ der Stützweite. Die Fachwerkbrücke hat Gurten aus 4 Winkeln, Verticalen aus 2 Winkeln und flache Diagonalen. Die Constructionshöhe in der Trägermitte ist $\frac{1}{8}$ der Stützweite. Die Tafel 3 zeigt das Detail der Brücke.

Die Berechnung dieser Brücken wurde auf Grund eines Lastenzuges mit einem schweren Sechskuppler, ebenfalls nach den Launhart-Wehrauch'schen Vorschlägen ausgeführt.

Nach der gebräuchlichen Auffassung ist hierbei das Materiale mit 1000^{kg} per Quadratcentimeter beansprucht.*)

*) Für Blechträger ist, wenn h die Trägerhöhe, g die bleibende, p die Verkehrslast in Kilogramm per Centimeter Brücke bedeutet, das Trägheitsmoment des Nutzquerschnittes $T = \frac{h}{2i} (M_g + 1.3 M_p)$

und $i = 1000 \left(1 + \frac{3}{4} \frac{g}{g + 1.3 p} \right)$; bei den Fachwerkbrücken

aber ist die Nutzfläche eines Stabes $f = \frac{\text{Max } S}{1000 \left(1 + \frac{3}{4} \frac{\text{Min } S}{\text{Max } S} \right)}$

für Spannungen eines Sinnes, und $f = \frac{\text{Max } S}{1000 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{\text{Min } S}{\text{Max } S} \right)}$

für Spannungen verschiedenen Sinnes. (Im Bruche $\frac{\text{Min } S}{\text{Max } S}$ kommt die kleinere Zahl in den Zähler; auch wird dieser Werth bei Spannungen verschiedenen Sinnes immer negativ.) Min S beziehungsweise Max S enthalten den Antheil von der Verkehrslast 1·2mal.

Auf Tafel 4 und in den nachstehenden Tabellen ist diese Rechnung für die Kunauer-Brücke wiedergegeben.
Gurtungen.

Gurtglied	Spannungen in t			Min.-Spanng. Max.-Spanng.	Maxim. ψ - Minim.	Zulässige Inanspruchn. $i = 1000 \left(1 + \frac{3}{4} \psi \right)$	Inanspruchn. auf Knick $i = \frac{1}{1 + 0.0001 \frac{f'^2}{T}}$	Freie Länge l	Trägths.- moment $\frac{T}{T^1}$	Angewendet. Nutzquersch.	Inanspr. Max. f	Bemerkung
	vom Eigen- gewicht	von der Verkehrs- last	von der 1-2 malig. Verkehrslast									
O ₁₋₇	- 9·0	- 41·2	- 49·4	+ 9·00 58·40	0·15	1115	$\frac{1098}{991}$	160	$\frac{11878}{1459}$	71·04	823 *)	*) Hierzu noch die Inanspruchn. durch directe Auflagerung d. Querschwellen. $i = \frac{3 Q l h}{16 2 T} = \frac{3.6500.160.30}{16.2.11878} = 246 \text{ kg p. qcm.}$
U ₇	+ 9·0	+ 41·2	+ 49·4	+ 9·00 58·40	"	"	"	"	"	60	973	
U ₆	+ 9·0	+ 41·4	+ 49·7	+ 9·00 58·70	"	"	"	"	"	"	978	
U ₅	+ 9·1	+ 41·9	+ 50·3	+ 9·10 59·30	"	"	"	"	"	"	988	
U ₄	+ 9·3	+ 42·4	+ 50·9	+ 9·30 60·20	"	"	"	"	"	"	1033	
U ₃	+ 9·5	+ 43·6	+ 52·3	+ 9·50 61·80	"	"	"	"	"	"	1030	
U ₂	+ 9·8	+ 45·0	+ 54·0	+ 9·80 63·80	"	"	"	"	"	"	1063	
U ₁	+ 10·2	+ 46·7	+ 56·0	+ 10·20 66·20	"	"	"	"	"	"	1103	

Verticalen.

Verticalen	Minimalspannung Maximalspannung in Tonn.					Min.-Inans. Max.-Inans.	$\psi =$ Min. Max.	Zulässige Inanspruch- nahme $i = 1000 \left(1 + \frac{3}{4} \psi \right)$	Inanspruch- nahme $i = \frac{1}{1 + 0.0001 \frac{f'^2}{T}}$	Ausgeführter Nutzquer- schnitt in qcm.	freie Länge in cm.	Träg- heits- moment T	Wirkl. Inanspru- chnahme
	vom Eigengewicht			von der Verkehrsl.									
	nach Plan	Abzug	im Ganzen	einfach	1·2 fach								
V ₁	- 0·82	- 0·25	- 0·57	- 3·78 - 7·40	- 4·54 - 8·88	- 0·57 - 9·45	0·06	1045	995	17·9	70	171	528
V ₂	- 0·80	- 0·24	- 0·56	- 3·66 - 9·90	- 4·39 - 11·88	- 0·56 - 12·44	0·05	1038	858	17·9	140	171	694
V ₃	- 0·80	- 0·24	- 0·56	- 3·66 - 11·20	- 4·39 - 13·44	- 0·56 - 14·00	0·04	1030	798	21·1	190	236	663
V ₄	- 0·80	- 0·24	- 0·56	- 3·66 - 11·50	- 4·39 - 13·80	- 0·56 - 14·36	0·04	1030	705	21·1	240	236	680
V ₅	- 0·80	- 0·24	- 0·56	- 3·66 - 11·20	- 4·39 - 13·44	- 0·56 - 14·00	0·04	1030	652	21·1	270	236	663
V ₆	- 0·80	- 0·24	- 0·56	- 3·66 - 11·00	- 4·39 - 13·20	- 0·56 - 13·76	0·04	1030	636	21·1	280	236	652

Diagonalen.

Diagonalen	Maximalspannung Minimalspannung in Tonn.				Min.-Sp. Max.-Sp. $\psi = \frac{\text{Max. Sp.}}{\text{Min. Sp.}}$	Zulässige Inanspruchn. $\psi = 1000 \left(1 + \frac{\psi}{4}\right)$	Nutzquerschn. in qcm.	Inanspruchn. Max. $\frac{f}{\psi}$
	vom Eigen- gewicht	von der Verkehrslast		Zu- sammen				
		einfach	1·2 fach					
D ₂	0	0 5·2	0 6·2	0 6·2	0	1000	8·4	738
D ₃	0	0 6·3	0 7·6	0 7·6	"	"	8·4	905
D ₄	0	0 7·4	0 8·9	0 8·9	"	"	10·8	824
D ₅	0	0 8·4	0 10·1	0 10·1	"	"	10·8	935
D ₆	0	0 9·0	0 10·8	0 10·8	"	"	10·8	1000
D ₇	0	0 9·4	0 11·3	0 11·3	"	"	11·2	1009
D ₈	0	0 9·4	0 11·3	0 11·3	"	"	"	1009
D ₉	0	0 9·6	0 11·5	0 11·5	"	"	"	1027
D ₁₀	0	0 9·4	0 11·3	0 11·3	"	"	"	1089
D ₁₁	0	0 8·6	0 10·3	0 10·3	"	"	"	920
D ₁₂	0	0 7·2	0 8·6	0 8·6	"	"	"	768

Das Bessemer-Material, aus welchem die Brücken gemacht wurden, musste die für Schmiedeseisen üblichen Biegungsproben bestehen und war ferner an die Bedingung geknüpft, dass es eine Zerreißfestigkeit von 42 bis 47^{ks} per Quadratmillimeter und eine Zusammenziehung im Zerreißquerschnitte von 43 bis 38% des ursprünglichen Querschnittes nachweisen soll, so dass die Summe der zusammengehörigen zwei Zahlen mindestens 85 gebe.

Der Proben wurden von jeder Charge 3 gemacht. Ausserdem aber wurden die sämtlichen Blechträger im Werke einer Belastungsprobe unterzogen, bei welcher in den äussersten Fasern eine Spannung von 16^{ks} per Quadratmillimeter eintrat.

Der hiebei eingehaltene Vorgang ist durch die umstehende Skizze dargestellt.

Das Material hat diese Proben musterhaft bestanden. Die Stäbe liessen sich kalt vollständig aufeinander biegen ohne einzureissen, und die Querschnitts-Zusammenziehung vor dem Bruche war weit grösser als vorgeschrieben war, so dass die vorerwähnte Summirung nicht 85 sondern 100 ergab. Die directe Belastung führte in keinem Falle zu einer bleibenden Einsenkung, nur konnte dieselbe bei den Trägern von 6·6^m Stützweite nicht vollständig durchgeführt werden, weil bei den Versuchen die Führung der Träger eine mangelhafte war, so dass sich das Trägerende aus der verticalen Ebene neigen konnte, was mit den angewendeten Mitteln nicht zu verhindern war, daher, um Beschädigungen zu vermeiden, zur Unterbrechung des Versuches führte. Die Fachwerkbrücke wurde bei der Belastungsprobe mit einem Zuge, der einer gleichförmig vertheilten Last von 4490^{ks} per Meter Stützweite entsprach, belastet, und zeigte hierbei

eine elastische Einsenkung von $\frac{1}{750}$ der Stützweite*). Die Anarbeitung des Materiales ist sorgfältig ausgeführt, die Nietlöcher wurden gebohrt.

Die vorgenommenen Versuche haben übrigens den Beweis geliefert, dass das weiche Bessemer-Metall ein brauchbares und verlässliches Material für den Brückenbau sei, und ich muss bekennen, dass ich dieses Material bei einer Mehr-Inanspruchnahme von 11 bis höchstens 19%, gegenüber dem Schweisseisen, letzterem unbedingt vorziehe. Das Material würde da bei Brücken von Hauptbahnen statt mit 800, mit 900—950; bei Localbahnen statt mit 900, mit 1000—1050^{ks} per Quadratcentimeter beansprucht sein, und die Brücken würden um 6 bis höchstens 16% leichter werden. Auch träte hiebei das einfache Verhältniss ein, dass man, um das Project einer Stahlbrücke in das einer Eisenbrücke umzuwandeln, bloß alle ihre Theile — bei Belassung ihrer Länge und Breite um einen Millimeter zu verstärken hat.

Die Erfahrung wird zeigen, wie sich dann das Preisverhältniss stellen wird.

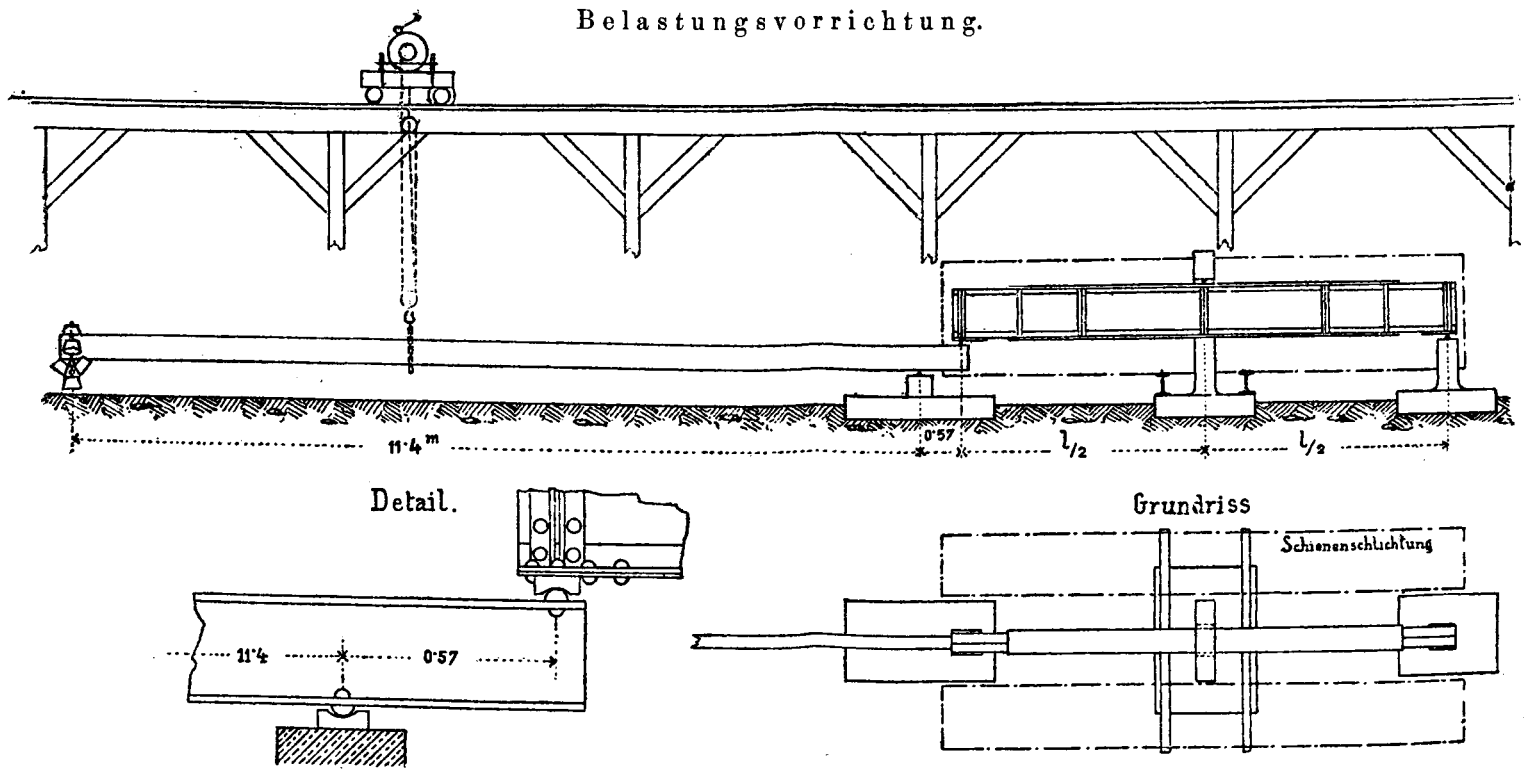
Mir ist hierüber nur bekannt, dass jene Gewerkschaft, welche die Brücken der Linie Unterdrauburg—Wolfsberg ausführte, zu diesen Brücken, welche aus Schweisseisen herzustellen waren, freiwillig, ungefähr zur Hälfte weiches Bessemermaterial nahm; es ist daher nicht wahrscheinlich, dass solches Material im Allgemeinen nennenswerth theurer sein kann, als Schweisseisen. Auch versichern mich Hüttenmänner, dass Eisenbahnschienen aus Schweisseisen heute per Gewichtseinheit einen höheren Preis haben als solche aus Bessemerstahl.

Die Brücken der Linie Erbersdorf—Würbenthal wurden von der Gewerkschaft Witkowitz um Pauschalsummen ausgeführt, welche einem Preise von 20 fl. 98 kr. pro 100^{ks} weichem Bessemerstahl, dann 15 fl. für Gusseisen und 28 fl. für Blei, oder einem Durchschnittspreis von 20 fl. 62 kr. pro 100^{ks} Brückenconstruction entsprechen, wobei die Kosten der Montirungsgerüste und des Anstriches in diesen Preisen inbegriffen sind.

In Schweisseisen ausgeführt, wären diese Brücken um $6\frac{1}{2}\%$ schwerer und nach dem billigsten Offerte um $3\frac{1}{2}\%$ theurer geworden, was also schliessen liesse, dass das Bessemer-Material doch um 3% theurer veranschlagt wurde, als Schweisseisen. Thatsächlich wäre diess aber ein Fehlschluss, denn diese Mehrkosten treffen nicht das Material, sondern die directen Belastungsproben, die mit den genieteten Trägern vorgenommen wurden, und die, nachdem die Gewerkschaften dazu nicht eingerichtet sind, denselben lästig werden, und auch nicht unbedeutende Kosten verursachen. Nichts dürfte aber mehr geeignet sein, als diese directen strengen Belastungsproben, die Frage der Güte und Verlässlichkeit von Brücken aus Flusseisen für Alle klarzustellen und ich kann daher nur wünschen, dass diese Proben auch fernerhin vorgenommen werden, wobei ich voraussetze, dass dieselben bei häufigerem Vorkommen auf-

*) Letztere Probe wurde am 16. Jänner d. J. bei 13 Grad R. Kälte wiederholt; dabei war die elastische Einsenkung um 20% geringer und betrug $\frac{1}{2100}$ der Stützweite.

Belastungsvorrichtung.



Beobachtungsergebnisse.

Post Nr.	Stützweite l , in Cm.	Trägerhöhe h , in Cm.	Trägheitsmoment des Querschnittes in der Mitte T , in Cm.	Belastung in der Trägermitte P in Kg.				Spannung in der äussersten Faser Kg. per Q.-Cm. $\epsilon = \frac{P \cdot l \cdot h}{4 \cdot 2 \cdot T}$	Einsenkung in Mm.		Bemerkung	
				durch das Eigengewicht*)	durch den Hebel	durch die Gewichte	Zusammen		elastische	bleibende		
1						0	14.788	1.621	2.5	0	* Das halbe Trägergewicht.	
2						0	14.788	1.621	2.2	0		
3						0	14.788	1.521	2.8	0		
4	240	27	7.389	91		0	14.788	1.521	3.0	0		
5						0	14.788	1.621	2.5	0		
6						800	15.588	1.709	2.8	0		
7						0	14.788	1.621	2.5	0		
8						0	14.788	1.621	2.0	0		
9					14.697				6.3	0	** Die Tragwand ist wegen mangelhafter Führung von der Verticalen gewichen, daher der Versuch unterbrochen werden musste.	
10	340	31	15.334	171			4.000	18.862	1.621	6.0		0
11										5.5		0
12										6.2		0
13									7.5	0		
14	440	43	33.080	287		7.600	22.534	1.611	6.1	0		
15									9.5	0		
16									8.0	0		
17	550	54	60.524	329		11.200	26.226	1.609	8.0	0		
18									9.0	1.0		
19									8.5	0		
20									9.0	0		
21									10.0	0		
22	580	54.6	69.082	366		13.000	28.063	1.608	10.0	0		
23	660	67	99.852	439		14.000	29.136	1.613	9.0**	0		

hören werden lästig und kostspielig zu sein. Ich denke hierbei übrigens nur an die Constatirung eventueller grober Materialmängel, an weiter Nichts. Wenn daher die neueren Versuche der holländischen Regierung, welche Harkort heuer in Düsseldorf ausgestellt hat, ergaben, dass genietete Träger aus Flusseisen bei einer Anstrengung des Materiales von 35^{ks} pro Quadratmillimeter bereits starke Deformationen erlitten, während solche bei ähnlichen Trägern aus Schweisseisen erst bei 37^{ks} Anstrengung eintraten, so lässt mich dies ganz ruhig. Denn erstens glaube ich, dass eine Wiederholung dieser Versuche mit österreichischen Materialien, das Gegentheil constatiren würde, und zweitens ist ja bekanntlich für Bauconstructionen nicht die Zerreiissfestigkeit bei einer einmaligen starken Belastung massgebend, sondern die Arbeitsfestigkeit, d. i. die grösste Ziffer der Belastung, welche bei millionenmaliger Wiederholung der Anspruchnahme das Materiale noch nicht zum Bruche bringt, und letztere ist nach den Wöhler'schen Versuchen unzweifelhaft bei Stahl und stahlartigen Materialien höher als beim Schweisseisen. Vollkommen klar wird diese Sache aber erst dann werden, wenn ähnliche wie die letzterwähnten holländischen Versuche, statt auf Zerreiissfestigkeit, auf Arbeitsfestigkeit vorgenommen sein werden. Für die Fachwerks-

brücken erachte ich aussergewöhnliche Belastungsproben nicht für nothwendig, denn die Brücken grösserer Spannweite sind in jeder Beziehung besser daran, als die Blechbrücken, und Materialfehler werden bei denselben bedeutungslos dadurch, dass jedes Glied aus mehreren Theilen zusammengesetzt ist. Ich möchte mir hier aber erlauben, auch zu empfehlen, die Kostenfrage wenigstens eine Zeit lang noch als zweifelhaft gelöst anzusehen, daher Alternativprojecte in Eisen und Stahl auszuarbeiten, auf beide Offerte einzuholen und erst dann zu entscheiden, ein Vorgang, welchen die k. k. Direction für Staats-Eisenbahnbauten einhält. Bestehen das Material aus dem Martinsofen und der weiche Bessemerstahl auch die letztbesprochenen beiden Prüfungen — ich bin überzeugt, sie werden sie glänzend bestehen — so wird das Schweisseisen binnen wenigen Jahren aufhören als Baumaterialie für Brücken und Durchlässe in Betracht zu kommen: Die Grenzen der Spannweiten werden dadurch namhaft vergrössert, und wir werden dann im Stande sein, entweder gleich gute Brücken um weniger Geld, oder bessere Brücken um gleiches Geld zu erstellen, je nachdem dies durch Gebote der Wissenschaft oder der Praxis bedingt und uns durch zeitgemässe Bau-Verordnungen ermöglicht werden wird.

Der Einfluss der Construction auf die Entwicklung der Baustyle.

Von Architekt **Franz Auer**,

Assistent an der k. k. Akademie der bildenden Künste.

Vortrag, gehalten in der Wochenversammlung des Ingenieur- und Architekten-Vereines am 27. November 1880.
(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 5 und 6.)

Die verschiedenen Völker, welche im Laufe der Jahrtausende nacheinander in den Vordergrund der Weltgeschichte getreten, haben als Zeugen ihres Daseins verschieden geartete Monumente hinterlassen, die sich durch bestimmte Merkmale von einander unterscheiden. Ihre charakteristischen Eigenthümlichkeiten haben sich gleichzeitig mit der socialen und culturellen Entwicklung und unter deren Einfluss entfaltet, sie vereinigten sich zu einem prägnant ausgesprochenen Baustyl, der mit dem jeweiligen Höhepunkt geistiger und politischer Bedeutung seine höchste Blüte erreicht, und entweder mit dem Volke, das ihn geschaffen, wieder zu Grunde geht oder durch neu eintretende Verhältnisse gezwungen wird, einer anderen Bauweise den Platz zu räumen.

Die Geschichte der Baukunst hat daher als Ausgangspunkt der Stylbildung und Stylentwicklung die einem Volke eigenthümlichen culturellen, socialen und politischen Verhältnisse, die ihrerseits von äusseren natürlichen, geographischen, klimatischen und ethnographischen Beziehungen abhängig sind, aufgefasst und in der gemeinsamen Wirkung dieser wichtigsten inneren und äusseren Momente die Basis für die eigenartige Formenbildung der verschiedenen Baustyle gefunden. — Man ist darüber vollkommen im Klaren, dass in einem tropisch gelegenen, regenlosen Binnenlande, in welchem nur Paläste für hierarchische Despoten gebaut werden, eine andere Architektur entstehen muss, als in einer klimatisch äusserst günstig gelegenen, meerumspülten Halbinsel, wo ein freies Volk seinen lichten Göttern Marmortempel baut und hier wieder anders als im trüberen, kühleren

Norden, wo glaubenseifrige Mönche mit den kärglichsten Mitteln ihre Klosterkirchen, die Herren des Landes aber in beständigem Kampfe um ihre Existenz ihre festen Burgen und Schlösser bauen mussten.

Aber indem man diesen inneren Zusammenhang von Land und Volk mit ihren Monumenten unbedingt anerkennt, muss man doch schon bei der oberflächlichen Betrachtung der Einzelformen und ihrer Eigenarten sofort zur Erkenntniss kommen, dass für das Verständniss derselben mit diesen allgemeinen, das Ganze umfassenden, abstracten Factoren noch nicht viel gewonnen ist, so lange man diese nicht zugleich in ihre verschiedenen untergeordneten Elemente analysirt und die einzelnen Fäden verfolgt, welche die Kette bilden in dem ausserordentlich feinen und complicirten Gewebe der inneren und äusseren Einwirkungen.

Im Folgenden soll dieses Gewebe auch nicht zu lösen versucht werden; es sei nur constatirt, dass die Kunst als letzter und idealster Ausfluss der Cultur aufzufassen ist, — dass von dieser zunächst ihre innersten und tiefsten Existenzbedingungen abhängen.

Aus den zahllosen Fäden, welche die Kunst mit der Cultur, der geistigen und socialen Stellung, der sittlichen und religiösen Anschauung verknüpft, soll im Nachfolgenden ein Faden herausgezogen werden, und zwar derjenige, der in seinen Anfängen, im Gebiete der Cultur heisst: technisches und praktisches Wissen und Können, — und der an seinem Ende — im Gebiete der Kunst, mit anderen Fäden zusammenlaufend, heisst: Styl.

Die praktischen Erfahrungen und technischen Kenntnisse im Gebiete der Baukunst, — als ein Theil der geistigen Cultur eines Volkes, kommen nämlich in der ausgeübten und gepflegten Constructionsweise zur Geltung. In der üblichen Construction, welche zugleich durch das Material bedingt ist, verkörpern sich jeder Zeit die raumgestaltenden Ideale der Phantasie — sie bildet die Grundlage, zugleich Ausgangspunkt und Begrenzung für die einem Volke und einer Zeit innewohnenden baukünstlerischen Fähigkeiten.

Sowie das Bedürfniss nach einem Bauwerke sich erfüllt, sowie eine künstlerische Idee praktisch in bestimmter Form zur Ausführung gelangen soll, treten auch die Bedingungen des Materials und der Technik auf. Die Construction ist die Vermittlung zwischen dem Ideal und der Wirklichkeit, und zwar das fördernde oder hemmende Moment bei der Verwirklichung der Ideale.

Eine bestimmte, von den Vorfahren überkommene Bauconstruction kann aber nur für eine gewisse Zeit ihre Aufgabe vollkommen erfüllen; es machen sich neue Bedürfnisse geltend, denen die alten Traditionen nicht mehr genügen können. Das Resultat des beständigen Kampfes zwischen den bestehenden überlieferten Bauweisen und den neu erwachenden Bedürfnissen ist die Entwicklung, die Weiterbildung der Construction, sie ist das eigentlich fortschreitende Element und die nächste Ursache der wechselnden Baustyle.

Der eigentliche, wichtigste und erste formbestimmende Factor ist aber das Material und die Construction der Decke; denn die Gestaltung aller anderen Elemente, — sowohl der ganzen Disposition, der Grundrissanlage, wie aller Detailausbildung sind direct von diesem Factor — von der Constructionsart der Decke abhängig.

Das Anschliessen an eine bestimmte Methode der Deckenconstruction, das traditionelle Festhalten daran, ist das Charakteristikum jedes Baustyls; indem ein Styl ein bestimmtes Constructionssystem verlässt, zu einem andern übergeht, ist auch ein neuer Styl geschaffen.

In ihrem naturnothwendigen, gesetzmässigen Fortschreiten bildet die Construction der Decke das synthetische, einheitlich verbindende Glied, das die einzelnen Baustyle aneinander knüpft und das in seiner Entwicklung den Wechsel der Style begründet.

Die äusseren Gliederungen und Einzelheiten der Baustyle, ihre in's Auge fallenden, charakteristischen Erscheinungen bilden nur die von der Kunst durchgebildete, mehr oder weniger geläuterte Formensprache, in welcher nicht nur die constructiven Principien klar ausgedrückt, sondern die wichtigsten Stellen hervorgehoben und durch besonders charakteristische Symbole markirt sind, immer aber eine leicht differenzirbare, den gegebenen localen Verhältnissen, ebenso wie dem inneren Kern sich anschmiegende Hülle, unter der sich als festes Knochengerüst die Construction in ihrer Entwicklung von den schwerfälligsten Anfängen bis zu den kühnsten Endergebnissen verbirgt.

Von diesem praktischen Standpunkte sollen in den folgenden Zeilen die verschiedenen Baustyle in den all-

gemeinsten Umrissen vorgeführt werden, bis zu den modernsten Stylen, in welchen sich der Einfluss des Eisens geltend macht, und wenn auch hiebei manches, was dem Architekten bekannt ist, mitgetheilt werden muss, so glaubte ich doch in diesem Zusammenhang, der gewöhnlich nicht betont wird, eine Auffassung der Sache bieten zu können, die einiges Interesse erregen dürfte.

Zur näheren Erläuterung sind die Grundrisse der bedeutendsten Monumente jeder Stylart, jedes Constructionsystems zur Anschauung gebracht. Jeder dieser Bauten stellt eine höchste Entwicklungsphase, einen Culminationspunkt des betreffenden Baustyls dar, sie sind daher als Vergleichsobjecte der relativen Leistungsfähigkeit jedes einzelnen Styls aufzufassen. Sie sind sämmtlich in demselben Maasstab von 1:1000 gezeichnet, und zur Vergleichung der räumlichen Ausdehnung ist die Allen bekannte Stephanskirche in Wien daneben gestellt. *)

An diesen Grundplänen soll nun der Zusammenhang der räumlichen Disposition mit der Deckenconstruction und der Wechsel der Style mit den fortschreitenden constructiven Kenntnissen und Erfahrungen begründet werden.

Die wichtigste und ursprünglichste Aufgabe der Architektur ist das Schaffen von Räumen, — sei es für das Bild eines Gottes oder für den Aufenthalt des Menschen, als Obdach für seine Herdflamme oder für seine Familie, — und das erste, ursprünglichste Element bei der Gestaltung des Raumes ist die Decke.

Durch alle vergangenen Zeiten, für alle kommenden Zeiten gibt es dem Principe nach nur zwei Methoden, nach welchen ein Raum eingedeckt werden kann, — entweder mit einer geraden, horizontalen Decke oder mit einer gewölbten Decke; — mit anderen Worten: Das Material, welches zur Deckenconstruction benützt wird, kann entweder auf Biegung (bei der geraden Decke) — oder auf Druck (beim Gewölbe) beansprucht werden. Eine andere Methode gibt es nicht.

Diese beiden in sich grundverschiedenen Systeme der Deckenconstruction führen zu ebenso grundverschiedener Anordnung und Vertheilung des Stützwerkes und damit zu verschiedenartiger Grundrissdisposition, zu verschiedener, räumlicher Entfaltung, zu verschiedener Form der Stützen, Pfeiler und Säulen und damit endlich zu verschiedener Detailbildung.

Bei der horizontalen Decke, welche aus einfachen Steinplatten oder nebeneinanderliegenden Holzbalken construirt ist, müssen in gleichmässigen Abständen eine Anzahl Stützen im Raume aufgestellt werden, die sämmtlich gleich hoch sind und gleich viel zu tragen haben, also gleich stark sind, und da sie nur senkrecht belastet werden, als runde Säule ihre entsprechendste Form erhalten haben. Ueber sie legt sich, zunächst eine Reihe von Säulen vereinigend, ein horizontaler Balken, auf welchem dann die eigentliche Deckenconstruction aufliegt. — Die Abstände der Säulen hängen direct von der relativen Festigkeit des Materials ab, aus welchem die Decke ausgeführt ist, und die Stärke der

*) Zum Vortrage waren dieselben Grundrisse in $\frac{1}{100}$ nat. Gr. vorgelegt.

Säulen, sowohl von der Last der Decke, als auch von der Stabilität des ganzen Systems.

Als Beispiel eines Raumes mit horizontalen Steindecken ist der hypostyle Saal des Tempels zu Karnak anzuführen; ferner verwandt damit die Pteromata der dorischen Tempel, wo jedoch die Steindecke gegliedert ist in kleinere, tragende Querbalken, welche auf den Architraven aufliegen und die durch vertiefte Füllungen erleichterten Platten aufnehmen, wodurch eine wesentliche Erleichterung der Construction und zugleich in erhöhtem Maasse der Eindruck des Freischwebenden erzielt wird.

Ein drittes Beispiel eines Raumes mit horizontaler Decke ist die Halle des Xerxes. Abgesehen von den Berichten der Alten, welche von den Decken aus Cedernholz erzählen, abgesehen von dem Umstande, dass von der Decke nichts mehr vorhanden, weisen die Verhältnisse der Säulen, welche 12 Durchmesser zur Höhe haben, ihr Abstand ($7 \cdot 15^m$) und die Form ihrer Capitale darauf, dass die Halle mit einer hölzernen Decke versehen war.

Der Grundriss dieses Baues, sonst ganz verwandt mit jenem von Karnak, zeigt, wie das für die Deckenconstruction angewendete Material in der ganzen Gestaltung und Physiognomie des Raumes sich geltend machte, wie unendlich viel schöner und grossartiger dieser Raum wirken musste, aber — der freien, räumlichen Entfaltung war die monumentale Solidität zum Opfer gefallen.

Diesem Constructionssystem, in welchem die ganze Belastung nur senkrecht wirkt und nur senkrecht stehende Stützen in der Richtung ihrer Axen die Last aufnehmen, wohnt unzweifelhaft bei entsprechender Dimensionirung die grösstmögliche Stabilität inne, — die möglichst grosse Monumentalität für das Auge, für das künstlerische Gefühl die absolute Ruhe und Gleichgewicht, — wie sie sich auch im Grundplan durch die gleichförmige Vertheilung gleicher Massen ausspricht. Aber da die lichte Spannweite der Stützen höchstens 8^m betragen darf, im grösseren Raume eine Anzahl Stützen aufgestellt werden müssen, so wird dadurch die praktische Benützbarkeit und die architektonische Wirkung gestört, und eine Entfaltung grösserer freier Räume ist bei der Verwendung dieser Deckenconstruction nicht möglich.

Ein erster, folgewichtiger Schritt geschah in der Entwicklung der Construction, als einzelne tragende Balken der Decke mit Hängewerken verstärkt wurden, wodurch die Säulenstellungen nach einer Richtung hin sich bedeutend erweitern und Spannweiten bis 25^m überwinden konnten.

Durch ein volles Jahrtausend beruht ein grosses Gebiet der Architektur fast ausschliesslich auf diesem Constructionssystem. Der mit Hängewerken verstärkte Dachstuhl, der Dach und Decke zugleich trägt, liegt der Basilika zu Grunde, welche zu Beginn der christlichen Aera schon vollständig entwickelt, bis nach Ablauf des ersten Jahrtausends in fast unveränderter Grundform zur Anwendung kam und dann erst den Ausgangspunkt bildet für die Entwicklung der ganzen, mittelalterlichen Architektur. Der christlichen Basilikenform ist übrigens in der Antike eine andere vorausgegangen, die ohne Zweifel als einfachere, naturgemässere den Ursprung und Vorstufe jener christlichen Basiliken bildet, nämlich die zweigeschossige

Säulenhalle: ein Raum, dessen Decke von zwei aufeinander gestellten Säulenordnungen mit geradem Gebälk getragen wird, — eine Anordnung, die auch als kühnere und praktischere Neuerung gegenüber jenem ägyptischen Hallensystem bezeichnet werden muss, wo dem höheren Raume um so höhere und stärkere Säulen entsprachen.

Solche zweigeschossige Säulenhallen finden sich im Innern der griechischen Tempel (Parthenon, Pästum); am grossartigsten in einem der letzten Monumente griechisch-römischer Baukunst, in der von Trajan erbauten Basilika Ulpia. Die Ueberlieferung theilt mit, dass das 25^m breite Mittelschiff mit einer Broncedecke versehen war, höchst wahrscheinlich nur eine Bronzeverkleidung der Holzconstruction, denn eine wirkliche Metallconstruction hätte gewiss bei den nur 200 Jahre jüngeren, ebenso reich ausgestatteten Bauten der Basiliken der Apostel Petrus und Paulus auch wieder Verwendung gefunden.

In diesen, dem öffentlichen Verkehre, dem Handel und der Rechtspflege gewidmeten Räumen fand nun auch der neue, christliche Glaube diejenige Grundform, die der Ausübung seines Cultus am meisten entsprach; — einerseits, weil der Bau eine entschieden ausgesprochene Axenrichtung hatte, — also eine günstige Situirung des Altars, der Geistlichkeit und des Volkes ermöglichte, — anderseits, weil er die grösste und vortheilhafteste Raumaussnutzung bei möglicher Oekonomie der Mittel und zugleich eine günstige Beleuchtung durch hohes Seitenlicht erlaubte. Es konnten beim Baue solcher Basiliken die Ueberreste antiker Bauten ihre unmittelbare Verwendung finden.

Indem jedoch das Christenthum ungefähr die Grundform der alten Basiliken adoptirte, hat es in ihrem Aufbau eine grosse constructive Neuerung eingeführt, die als ein weiterer kühner, epochemachender Schritt im Gebiete der Construction aufgefasst werden muss, indem die Baukunst des Mittelalters und der Renaissance darauf beruht und ohne jenes neue Moment gar nicht gedacht werden kann: nämlich eine von Säulenreihen getragene, volle Mauer, die ihrerseits zu dem neuen Motive des Bogens auf Säulen führt, zwei constructive Elemente, welche die Antike nicht gekannt hat, und welche an Kühnheit alle bis dahin angewendeten Constructionen weit übertreffen. Die grössten Bauten dieser Art wurden bekanntlich schon im 4. Jahrhundert durch Constantin und seine Nachfolger errichtet. Die Höhe des 25^m breiten Mittelschiffes bei S. Paolo beträgt circa 30^m , so dass die Mauer nahezu doppelt so hoch ist, wie die darunter gestellten Säulen. Die Ausdehnung dieses Baues ist natürlich eine ausnahmsweis grosse, in der Regel überspannte das meist sichtbare Dachgespärre nur $7-15^m$.

In diesen Bauten erreichte die horizontale Decke von Holz ihre höchste Leistung; im Grundplan zeigt sich ein möglichst günstiges Verhältniss der Stützen zur überdeckten Fläche; sie beengen den Raum nicht und wenn die Säulen auch nicht den unmittelbaren Zweck haben, die architektonische Schönheit des Innern zu erhöhen, so tragen diese langen Säulenreihen doch wesentlich dazu bei; — aber alle diese günstigen Resultate, vornehmlich die geringe Raum-Inanspruchnahme der Stützen werden erzielt auf Kosten der soliden Dauerhaftigkeit des Baues. Als monumentale Con-

struction war die horizontale Decke schon in dem Pteromata der griechischen und römischen Tempel zum Abschluss ihrer Entwicklung gekommen.

Dieses Ende der horizontalen Decke fällt nun zusammen mit dem Beginne des neuen Constructionsprincipes, — mit der Anwendung des zweiten, überhaupt möglichen Systems der Eindeckung: dem Gewölbe; und während derselben tausend Jahre, in denen die durch Hängewerke verstärkte hölzerne Decke den Bau der Basiliken vollkommen beherrscht, schreitet gleichzeitig auch die Wölbtechnik durch verschiedene Stadien der Entwicklung weiter, bis sie sich endlich mit jenem, in den Basiliken durchgebildeten Grundrisse zu verbinden, die hölzerne Decke zu verdrängen vermag und in der gewölbten Basilika endlich ihre letzte Aufgabe und ihre höchste Leistung erreicht.

Unter dem Einflusse des Gewölbes nimmt der Grundriss eine ganz andere Physiognomie an. Im Gewölbe drückt bekanntlich jedes einzelne Element, jeder Stein mit einem Theile seines Gewichtes auf den anderen und wird selbst auf seine rückwirkende Festigkeit in Anspruch genommen. Da dieser Druck nicht lothrecht geht, vereinigen sich diese sämtlichen Gewichte zu einem Schube, der durch ein entsprechend starkes Widerlager aufgehoben werden muss. Die Empirie lehrte, dass der Schub des Gewölbes statt auf eine volle durchgehende Mauer nur auf einzelne Pfeilerpartien übertragen, dass die Pfeilmassen selbst wieder in kleinere Bogen und Gewölbe gegliedert und getheilt sein können.

Es zeigt sich daher bei den gewölbten Räumen, im Gegensatze zu jenen horizontal gedeckten, ein grosser freier Mittelraum, umgeben von einzelnen wenigen, aber mächtigen Massen. Der Pfeiler tritt an die Stelle der Säule. Das System der Wölbung im Mittelraum wiederholt sich in den kleineren Nebenräumen, — einmal, zweimal in immer kleineren Dimensionen, wodurch sowohl in der Gliederung des Raumes, wie auch in der Gruppierung der stützenden Massen ein neues künstlerisches Princip: dasjenige der Steigerung und der Unterordnung erscheint.

An Stelle der einfachen, strengen Regelmässigkeit, der ausgeprägten plastischen Ruhe, welche das constructive System der horizontalen Decke charakterisirt, ist hier bewegter Rhythmus der Massen, reichere Abwechslung und Mannigfaltigkeit der Licht- und Schattenwirkung, sich steigernde Motive und malerische Gruppierung getreten, — statt der Gleichartigkeit der wirkenden und stützenden Kräfte erscheinen hier nebeneinander und übereinander immer bedeutendere Lasten, die sich auf immer breitere, immer mehr sich unterordnende Massen stützen; — zwei Gegensätze, welche auch in anderer Beziehung im politischen und socialen Leben der antiken Welt sich geltend machen.

Als charakteristische Grundrisse gewölbter Räume sind beigegeben: Das Pantheon, dessen Kuppel von 43^m Durchmesser auf einzelne Pfeiler übertragen ist, die jedoch durch Säulenstellungen unter sich verbunden und dadurch verhüllt sind. Ferner der grosse Saal aus den Thermen des Caracalla, dessen Kreuzgewölbe sich auf schmale, aber tiefe Mauern stützen. Die Säulenstellungen zwischen den Pfeilern tragen die Fensterwand; die grossen Säulen unter den Kreuzgewölben erzielen einerseits eine Verringerung der

Spannweite, anderseits eine Verbreiterung der Widerlager, wirken daher eminent constructiv. — Beim dritten Grundrisse, der Basilika des Maxentius, sind die Pfeiler der Widerlager noch einmal durch kleinere Bogen und Nischen getheilt und dadurch eine dreischiffige Anlage, — ein dreifaches übereinander Aufbauen von Gewölben bis zu 35^m Höhe erreicht, — eine der grossartigsten, ausgedehntesten gewölbten Raumanlagen mit möglichst geringen Pfeilmassen und kühnsten Spannweiten, eine der letzten Leistungen der römischen Baukunst überhaupt.

Diese späteren römischen Bauten charakterisiren durch ihre enorme constructive und materielle Leistung eine Zeit, wo absolute Weltherrschaft einerseits und ausgedehnteste Sklaverei anderseits mit einander wirkten, wo tyrannische Despotie die Menschen zu den übermässigsten Anstrengungen und Opfern zwang. Diese socialen Verhältnisse und ihre Leistungen stimmen vollständig mit jenen ersterwähnten Bauten der ägyptischen Glanzperiode überein, und bilden den genauen Gegensatz zu denjenigen der Griechen und des Mittelalters. Dass unter solchen Vorbedingungen der eigentlichen hohen Kunst keine Stätte mehr bereitet ist, bedarf wohl keiner Erwähnung.

Ausser den schon erwähnten einschneidenden Umformungen der Grundrissanlage ist auch im ganzen Organismus mit der Einführung des Gewölbes eine wesentliche Veränderung vor sich gegangen.

Im System der horizontalen Decke steht jede Säule für sich und nimmt gerade nur den Theil der Deckenbelastung bis zur nächsten Stütze auf. — In diesem combinirten Gewölbsystem ist aber jeder Theil gleichmässig in den ganzen Organismus einbezogen und durch den Sturz auch nur eines Pfeilers würde, streng genommen, der ganze Bau wie ein Kartenhaus in sich zusammenstürzen.

Das ganze Gebäude bildet ein in sich zusammenhängender Organismus, in welchem jeder Theil für das Ganze von der grössten Wichtigkeit, die Existenz jedes einzelnen Gliedes zur Lebensfrage für das Ganze wird.

Dieser organische Zusammenhang kommt im Grundriss dadurch zur Andeutung, dass die Mittellinien aller Pfeiler und Oeffnungen — der Richtung der Componente des Schubes entsprechend — stets eingehalten sind, d. h. in den nach beiden Seiten durchlaufenden Axen. Im System der horizontalen Decke ist die durchgehende Axe nur nach einer Richtung nothwendig (s. Karnak mit zwei, Parthenon mit vier von einander ganz unabhängigen Säulenreihen). Erst mit dem Gewölbe kommt das für die Folge nicht mehr verlassene Princip durchgehender Axen in den Grundplan.

Dem grossen Gewinn an solider, monumentaler Eindeckung, an organischer structiver Einheit, wie an rhythmischer Massen- und Raumentfaltung steht freilich wieder ein Verlust, die Gefahr, gegenüber, die einem so kühn angelegten Systeme, wo Schub und Gegenschub sich gegenseitig nach allen Richtungen in's Gleichgewicht zu bringen haben, naturgemäss innewohnt. — Die Römer haben durch ausreichend starke Massen der Gefahr entgegengewirkt, — weil ihre Mittel ihnen das erlaubten und weil sie überhaupt schon ihre reichen Erfahrungen gemacht hatten, — bei den vorrömischen Culturvölkern aber, den Aegyptern und Griechen

war es offenbar nicht Mangel an Kenntniss, nicht das widerstrebende Gefühl gegen die Form des Bogens, sondern ihr eminent monumentaler Sinn, der sie von der Anwendung der Gewölbe bei Bauten abhielt, denen sie nach ihrer ganzen Anlage und Ausführung eine unvergängliche Dauer wünschten. Sie fanden eben auch ohne zu solchen, nach ihren Begriffen gewagten Constructionen zu greifen, ihr Auskommen. Erst das thatsächliche Bedürfniss, welches sich in den römischen Staatsbauten geltend machte und die entschieden praktischere Richtung der Italiener, ihre dem nördlicher gelegenen Klima entsprechende grössere Thatkraft und Energie konnten dort dem Gewölbe die Aufnahme, die Durchbildung und den Sieg verschaffen.

Der Entwicklungsgang der Wölbconstruction und die damit zusammenhängende Grundrissumbildung ist nun kurz gefasst, folgender:

Jene colossalen Wölbungen, wie sie in den Thermen und in den kaiserlichen Basiliken ausgeführt waren, konnten nach dem Untergang des weströmischen Reiches keine Verwerthung mehr finden, weil sie zu enorme Mittel in Anspruch nahmen und weil das Bedürfniss, dem sie gedient, von selbst aufgehört hatte.

Dagegen wurden im oströmischen Kaiserreiche, in dem reicheren und frömmen Byzanz die Kuppelbauten gepflegt, und dort wurde nach verschiedenen verunglückten Versuchen wieder ein Schritt weiter gemacht, indem man es wagte, die Kuppel auf dem viereckigen Grundriss, statt auf den kreisrunden, zu bauen, und mittelst Pendentifs den Uebergang vom Viereck zum Kreis zu vermitteln, — ein Fortschritt, der wieder zu den epochemachenden Thaten in der Geschichte der Baukunst gehört.

Es gibt keine constructive Idee, die so schön, so kühn und grossartig zugleich ist, wie die Wölbung einer Kuppel, die ganz freie Ueberdeckung eines mächtigen Raumes, und doch vermochte dieser grossartige Gedanke in der Form, wie die Römer ihn ausführten, keine weitere Verbreitung zu finden. Erst durch diese kleine, scheinbar unbedeutende Zuthat der Zwickel, welche die Kuppel dem Viereck anpasst, konnte sich die Idee in die Praxis einbürgern. Es geht mit vielen schönen und erhabenen Ideen ähnlich.

Der erste und bedeutendste Bau dieser Art war die Sophienkirche, deren Halbkuppel auf vier Pfeilern ruht, die 32^m weit auseinander stehen. Indessen ist das Motiv dort noch nicht vollkommen rein durchgeführt, und namentlich den übrigen Interieurs der Kirche, den Seitenschiffen nicht organisch angefügt.

Das kam erst später, besonders als sich diese Form im Abendlande ausbreitete, wo in der Markuskirche in Venedig das glanzvollste, reichste Beispiel solcher Kuppelbauten erstand (s. Grundriss). Die grossen, zusammengerückten Pfeilmassen mit den durchbrochenen Oeffnungen bilden das nothwendige Widerlager, die dazwischen gestellten Säulen tragen eine Galerie. — Der ganze Bau mit seinen vorzüglichen, inneren Verhältnissen erscheint doch nur wie ein Ergebniss constructiver Nothwendigkeit.

Während dieser Zeit verbreitete sich von Rom und von Monte Cassino aus die früher beschriebene Säulenbasilika nordwärts der Alpen. — Durch die häufigen Zerstörungen

des hölzernen Dachstuhls, dessen Zusammensturz oft genug für den ganzen Bau verhängnissvoll wurde, veranlasst, versuchte man im Laufe des 11. Jahrhunderts das Gewölbe an Stelle der flachen Decke zu setzen, und von da an vollzog sich nun jener kaum 200 Jahre dauernde Process, in welchem die Baumeister das neue Problem zu lösen suchten, zwei scheinbare Gegensätze: das Gewölbe mit möglichst dünnen und schlanken Pfeilern, unter Wahrung grösster Oekonomie, wie sie eben die Verhältnisse geboten, zu verbinden, — ein Process, der ganz naturgemäss und consequent zum Spitzbogen mit seinem Strebebogensystem führte. Um dem anfänglichen häufigen Einstürzen der Gewölbe zu begegnen, denen noch zu schwache Widerlager sich entgegenseetzten, — um den Seitenschub möglichst zu vermindern, erhöhte man den Scheitel der Tonne und ordnete als Widerlager gegen den Schub auf jedem Seitenschiff Halbtonnen an, welche im dunkleren Norden zur Ermöglichung von Fensteröffnungen durchschnitten, und nur noch den Ansätzen der Kreuzgewölbe des Mittelschiffes entsprechend angebracht wurden. Damit waren jene genannten charakteristischen Eigenthümlichkeiten der Gothik gewonnen, deren successive Entwicklung hier nicht weiter verfolgt werden kann; es sei nur noch erwähnt, dass keine Epoche der Baugeschichte existirt, welche in verhältnissmässig so kurzer Zeit unter dem Drucke der äusseren Nothwendigkeit, aus dem Zustande der Unfähigkeit, der Unkenntniss und Unerfahrenheit im Bauwesen sich emporgearbeitet und gestützt auf ununterbrochen fortgesetzte Versuche und Erfahrungen, und weil sie nach einem festgesetzten Ziele sich entwickelte, so rasch zu so glänzenden Resultaten gelangte, wie diese letzte Epoche des Gewölbestyls.

Kein Theil der Baugeschichte zeigt aber auch so evident, dass unbedingt immer ein materieller Zweck, dass die Noth den ersten Anstoss zur Entwicklung der Baukunst nach einer bestimmten Richtung hin gibt. Zur Wahrung von Missverständnissen sei aber wiederholt, dass mit der constructiven Lösung des Problems die künstlerische Lösung noch nicht gewonnen war, dass jene immer nur die Basis bildet, auf welcher die Kunst ihr Werk vollendet.

Diese Umwandlung der hölzernen in eine gewölbte Decke spricht sich im Grundrisse zunächst dadurch aus, dass die Säulen durch Pfeiler ersetzt werden, welche durch ihre grössere Stärke in höherem Maasse im Stande sind, den in der Decke einander entgegenstrebenden Kräften das Gleichgewicht zu halten (s. Grundriss vom Dom zu Speier). Die Einführung der Kreuzgewölbe äussert sich dann im streng geordneten, in mathematischer Regelmässigkeit angelegten Grundplan, der in seiner normalen Form nur aus Quadraten besteht, im Mittelschiff doppelt so grossen, als in den Seitenschiffen.

Schon die romanische, mehr noch die gothische Epoche hat das Gewölbe in tragende Rippen und getragene Flächen getheilt, die sich im Raume offenbaren, und durch diese Theilung eben die grösste erreichbare Oekonomie der Massen erzielt.

In diesem Sinne erscheint die Gothik gegenüber der römischen Baukunst, welche das Gewölbe nur als volle, gegossene Masse kannte, ebenso als letzte Phase der Gewölentwicklung, wie die gegliederte griechische Steinbalkendecke als letztes Glied der horizontalen Deckenconstruction.

Durch diese Gliederung des Gewölbes und mittelst ihres kühn und staunenswerth durchgebildeten Strebebogensystems vermochte sie nun die ganze Last und den Schub der Mitteltgewölbe auf kräftige Stützen, die ausserhalb des Raumes standen, zu übertragen, und die Pfeiler im Innern auf ein Minimum zu reduciren und hat damit vorläufig das höchste Ziel des constructiven Fortschreitens erreicht, indem sie die solide, elementarsichere Decke mit möglichst schlanken Pfeilern, bei grösster Höhenentwicklung des Raumes (Cölner Dom im Innern 43^m hoch) verbindet, — allerdings auf Kosten der Aussenarchitektur, in welcher das rein constructive Gerüst unverhüllt zu Tage tritt.

Das Rippensystem der Gewölbe im Innern theilt sich naturgemäss den Pfeilern mit und zerlegt die kräftigen Stützen der romanischen Epoche in die feingegliederten, das Auge unaufhaltsam aufwärts lenkenden Bündelpfeiler der Gothik. In allen constructiven Momenten war die Gothik an der letzten Grenze der Constructionsfähigkeit angelangt und deshalb eine weitere Entwicklung von ihren letzterungenen Stadien aus nicht mehr möglich.

Es trat, wie immer im Laufe der Weltgeschichte zur rechten Zeit die Ablösung ein, indem mit der damals erwachenden und eifrig geförderten Kenntniss der antiken Schriftsteller, des antiken Lebens die Baukunst wieder auf die Anwendung der römischen Formen gedrängt wurde und der unter dem Namen der Renaissance bekannte und bis heute ununterbrochen, wenn auch unter verschiedenen Reactionen in Uebung befindliche Baustyl entstand.

Bevor wir auf die constructiven Principien der Renaissance und der modernen Kunst übergehen, die in directem Gegensatze zu jenen aller früheren Baustyle stehen, seien die gewonnenen Resultate kurz noch einmal resumirt.

Es wurde nachzuweisen gesucht, wie die Deckenconstruction ausschlaggebend ist für die Gestaltung und Disposition des Grundrisses, für die Vertheilung und Form der Stützen, für die Ausbildung des Details.

Veränderte klimatische Verhältnisse, neue sociale Bedingungen, gesteigerte Bedürfnisse führten von den primitivsten räumlichen Anlagen zu neuen constructiven Problemen, zu neuen constructiven Lösungen — und mit der neuen Construction war auch der neue Styl geschaffen.

Aus der vergleichenden Zusammenstellung der beiliegenden Grundrisse lässt sich das materielle Ziel der constructiven Entwicklung, wie dies vom praktischen Standpunkte nicht anders zu erwarten ist, darin erkennen: einen Raum mit möglichst wenigen, schlanken Stützen möglichst solid und elementarsicher, — unter Einhaltung möglichster Oekonomie der Mittel einzudecken. Jeder nachfolgende Styl war dem früheren nach einer Seite dieser Tendenz hin überlegen, — jede neue Errungenschaft nach einer Seite hin hat wieder einen Verlust nach einer anderen mit sich gebracht, — das Resultat war schliesslich, wie immer im Leben: ein Ausgleich zwischen den grössten Vortheilen und den geringsten Nachtheilen für jeden einzelnen Fall. Erst nach Feststellung des constructiven Schemas schliesst sich dann die Bildung der Details als Schlussergebniss der ganzen Entwicklung, mit den charakteristischen Merkmalen des ganzen Styles

an, als Ausdruck der eigentlichen künstlerischen Fähigkeiten des Volkes, wobei der Sinn für die Höhenverhältnisse, für die Proportionen im Allgemeinen, für die Massengliederung, für die Wahrheit und Schönheit der Detailformen zur Geltung kommt.

Aber immer war die künstlerische Thätigkeit innerhalb der jeweilig üblichen Constructionsmethode befangen; sie konnte höchstens kleine Veränderungen und Verbesserungen vornehmen, — aber im Ganzen durfte sie nicht darüber hinaus — weil sie überhaupt nicht darüber hinaus konnte.

So war es bis zum Abschluss der Gothik. Bis zu dieser Zeit waren alle denkbaren constructiven Probleme, welche überhaupt aus den vorhandenen Materialien ausführbar sind, durchgearbeitet, die schwierigsten Aufgaben, welche an die horizontale Decke oder an das Gewölbe gestellt werden konnten, gelöst, — es konnte und brauchte auch eine neue constructive Lösung und damit also auch ein neuer Styl nicht mehr gefunden zu werden, denn jene Aufgaben, welche die Renaissance und die moderne Baukunst an die Architektur stellten, liessen sich mit Hilfe der gewonnenen Erfahrungen und der bereits durchgebildeten Bauformen vollkommen lösen.

Die Bezeichnung „Renaissance“ wird im Folgenden auf die gesammte Bauzeit seit Beginn der italienischen Renaissance bis heute ausgedehnt, also auch die moderne Baukunst mit allen ihren Kunstanschauungen darunter verstanden. Sie bildet ja seit Brunellesco doch nur eine ununterbrochene Kette, eine Entwicklung nach bestimmter Richtung, in welcher wohl unter dem Drucke der Verhältnisse Stillstände und scheinbar retrograde Bewegungen vorgekommen sind, die aber immer ihren Weg wieder gefunden hat. Alle Bauten dieser Renaissance im weiteren Sinne des Wortes sind unter äusseren, socialen Verhältnissen entstanden, die einander sehr ähnlich sind, und was die Hauptsache, unter denselben constructiven und baukünstlerischen Principien. Jener Begriff der Renaissance, welcher vor vier Jahrhunderten zugleich eine Reaction gegen die beengende Scholastik des Mittelalters in sich schloss, eine Rückkehr zu ursprünglicher Einfachheit und Naturwahrheit anstrebte und deswegen auf die Antike zurückgriff, hat ja längst aufgehört und wir dürfen heute in ganz demselben Sinne von einer Wiedererweckung des Mittelalters, wie der Antike sprechen und die Wiederaufnahme aller, vor dem XV. Jahrhundert durchgebildeten Style als dem Principe nach vollkommen gleichwerthig, nur den individuellen Idealen, den localen Bedürfnissen und den speciellen Verhältnissen unterstehend auffassen.

Wohl ist in diesem Sinne die Bezeichnung „Renaissance“ nicht mehr zutreffend; indessen ist sie einmal im Gebrauche und soll auch im Folgenden in dem weitestgehenden Sinne beibehalten werden.

Bis zum Abschlusse der Gothik hat die Bautechnik, wie erwähnt, ihre grosse constructive Schule durchgemacht, die verschiedenen Curse mit gutem Erfolge absolvirt; der Künstler trat nun frei hinaus in's Leben, nicht mehr Unterthan der Construction, nicht mehr von ihr abhängig, sondern sie beherrschend, sie seinen höheren künstlerischen Ideen unterordnend. Ueber alle Style, welche die Bautechnik in

langen Jahrtausenden gezeugt, verfügt nun frei die Kunst und kann, von hierarchischen, staatlichen und zünftigen Verordnungen unabhängig, den höheren Gesetzen der reinen Schönheit folgen. Darin liegt der grosse principielle Unterschied der Renaissance gegen alle früheren Style.

Wie in jener Zeit überhaupt die Individualität des einzelnen Menschen in allen Gebieten anfang, sich Geltung zu verschaffen, so konnte nun auch in der Kunst die Individualität des Künstlers frei heraustreten. Er ist nicht mehr an die traditionelle Constructionsmethode gebunden, das ganze Gebiet der Baugeschichte mit allen ihren Principien liegt wie eine glücklich überstandene Lehrzeit hinter ihm und er bedient sich des Gelernten und Geübten, wie er es bedarf.

Zunächst, um sein Meisterstück abzulegen, in welchem er die grössten und kühnsten Constructionen der früheren Jahrhunderte zu einer noch nicht dagewesenen Combination zusammenstellte: die gewölbte Basilika, die Kuppel auf viereckigem Grundplan und über dem hohen durchbrochenen Tambour, — in den grössten Dimensionen die grössten Leistungen der Vorzeit in der Peterskirche in einem Bau verband.

Damit hat sich die Renaissance frei erklärt, als Meister alles constructiven Wissens und Könnens.

Von nun an bestimmt nicht mehr die gegebene, gerade übliche Construction die ganze Entfaltung und Anlage des Grundrisses und des Aufbaues, — der Künstler selbst entwirft den Grundplan, die ganze räumliche Entwicklung, dem localen Zwecke und der individuellen Ansicht entsprechend, alle Formen bis in's kleinste Detail nach seinem innersten Gefühl, — und richtet nach diesen Idealen die Constructionen ein, die er völlig beherrscht. Der Styl steht nicht mehr über dem Künstler, sondern der Künstler bestimmt den Styl und prägt seinem Werke seine Individualität auf.

In dieser Freiheit lag jedoch die Gefahr. Die Construction war die Schranke, in der die Phantasie des antiken und mittelalterlichen Baumeisters gezwungen war, in ihr fand die Phantasie ihr Gesetz, über das sie nicht hinaus konnte und in dieser engen Bande, in dieser in der Natur der Sache liegenden Beschränkung hat die Baukunst das Herrlichste geleistet, und das Schönste, was wir an räumlichen Anlagen bewundern, dürfen wir nicht als blosser künstlerische Idee, sondern müssen es zugleich als unmittelbares Product constructiver Nothwendigkeit erkennen. Diese Schranke war nun gefallen.

Wenn dem Menschen in seinem Aufwärts-Streben nach geistiger Freiheit mit den Gesetzen der Naturnothwendigkeit und in den materiellen Bedingungen der äusseren Verhältnisse der Weg zu Ende geht, der ihn höher und weiter führt, so greift er in seine Brust und findet im inneren moralischen und sittlichen Bewusstsein neue Anhaltspunkte und neue Gesetze, denen er gehorcht und in ihrer Befolgung neue Kräfte und neue Freiheiten, — er lernt das Gute um des Guten willen zu schätzen und zu üben, und indem er dann auf das Vergangene zurückblickt, findet er diese scheinbar neuen Gesetze der sittlichen Weltordnung schon in jenen ewigen Gesetzen der Naturnothwendigkeit.

So auch die Phantasie. Als sie aus den Fesseln der constructiven Beschränkung sich losgelöst, als sie in der neu aufgegangenen Sonne geistiger Aufklärung ihre erstarrten Fittiche zu freiem höheren Schwunge erheben wollte, musste sie, um nicht in's Unendliche, Schrankenlose sich zu verlieren, wieder einen festen Halt sich verschaffen, auf den sie sich stützen kann.

Und der Architekt wandte seine Blicke auf die alten Monumente rein constructiver Style, der Antike und des Mittelalters und fand in ihren äusseren Formen und Verhältnissen, in ihren Elementen, in ihren Details, in ihrer Sprache die Charaktere einer unvergänglichen Schönheit, die Gesetze unveränderlicher Harmonie. Die Baukunst hat sich aus der Botmässigkeit der Construction gelöst, um sich den höheren Gesetzen der Harmonie und der Proportion, der reinen Schönheit in Form und Ausdruck zu unterwerfen und das Schöne um des Schönen willen zu pflegen.

Das Studium, die Nachahmung und Anwendung der äusseren Formen aller verflossenen Baustyle war daher die erste Aufgabe der Renaissance, aber nur das Mittel zum Zweck.

Indem sie die constructiven Principien der verflossenen Style beherrscht, indem sie die formale Schönheit und Gesetzmässigkeit der architektonischen Elemente auf's Neue sich zu eigen macht, findet sie ihre letzte und schönste Aufgabe in dem völligen Anpassen dieser reichen Errungenschaften an die Bedürfnisse unserer Zeit, in der Lösung der modernen Aufgaben unter Anwendung altbewährter, festgegründeter Formen, die sich zu einer neuen organischen Einheit, zu einem durch und durch harmonischen Ganzen verbinden.

Nicht mehr bloss Innenraum, nicht bloss äussere Fassade, sondern ein innen und aussen vollkommen, organisch durchgebildetes Werk, das seine Bestimmung in idealster Auffassung und harmonischen Formen und Verhältnissen in allen seinen Theilen bis in's kleinste Detail offen zur Schau trägt und dessen innere organische Raumesgliederung nach aussen klar und wahr zu Tage tritt: Das sind die Aufgaben, welche frühere Zeiten sich nicht stellten, die höchsten Ziele der Renaissance, wie wir sie in unseren Tagen ja auch von den verschiedensten Grundlagen aus so grossartig und glänzend, in vollendeter Meisterschaft gelöst sehen.

Um dieses Ziel zu erreichen, um der freien Individualität des Künstlers und den höheren Gesetzen der Schönheit Rechnung zu tragen, darf sich die Renaissance über die materiell-sinnliche Wahrheit hinwegsetzen und scheinbare Constructionen ausführen — wenn sie auch nur den Schein von Wahrheit an sich tragen. Unter den flachen, horizontal construirten Decken werden scheinbar tragende Balken mit tiefen Cassetten oder ganze Gewölbe in Holz nachgeahmt, — Spiegelgewölbe in den unmöglichsten Dimensionen, Tonnengewölbe, wo keine Widerlager zu Gebote stehen, Kreuzgewölbe auf dünnen, weit gestellten Säulen u. s. f., und in gleicher Weise unterstützt die Renaissance die Linien der äusseren Contour, indem sie den Bau mit hohen Dächern, Giebeln, Kuppeln krönt, nicht aus constructiver, materieller Nothwendigkeit der inneren Raumgestaltung, sondern aus dem künstlerischen Bedürfniss

dem Gebäude eine bestimmt ausgeprägte Charakteristik und Form zu verleihen. Die Renaissance stellt Säulen und Pfeiler auf, nicht aus constructiven Gründen, sondern unter dem Zwange der architektonischen Proportionen und wendet den horizontalen Sturz, den Bogen, die gerade Decke und das Gewölbe nach den jeweiligen Verhältnissen und künstlerischem Ermessen in ungebundener Abwechslung neben einander an: alles dies im Gegensatze zu den früheren Stylen, wo mit der Construction selbst auch die Raumgestaltung gewonnen und vollständig abgeschlossen war. Mit einem Wort, der Künstler verfügt frei über alle Mittel, um in seinen Intentionen neben den Anforderungen der Zweckmässigkeit und der inneren Bestimmung in gleicher Weise und zwar nicht blos instinctiv und zufällig, sondern mit voller bewusster Absicht und entschiedenem Wollen, nach genauem Abwägen und Prüfen, auch den Gesetzen der Harmonie und der Schönheit Rechnung zu tragen.

Während nun in solcher Gestalt die moderne Baukunst in einem Bilde alle die Errungenschaften und Ideale der früheren constructiven Style vereinigen kann, während sie nicht mehr auf eine bestimmte Constructionsweise beschränkt ist, konnte sie über die physischen Schranken jener Constructionen überhaupt sich nicht hinwegsetzen. Die horizontale Decke konnte noch immer gewisse Dimensionen nicht überschreiten, die weiter gespannte Decke bedurfte noch immer der Stützen, das Gewölbe der Widerlager und Seitenschiffe und die physische Begrenztheit aller möglichen constructiven Principien macht sich noch in der Raumdisposition, wie in der Grundrissanlage geltend. Wie erwähnt, war auch das Bedürfniss, diese Grenze zu überschreiten, nicht vorhanden; sie wurde im Gegentheile wieder die Quelle unendlich mannigfacher Schönheit; ja diese Beschränktheit war eines der wichtigsten Momente, welches die neue Kunst auf die alte, auf das Mittelalter und die Antike wies, die neue Kunst mit der alten verknüpfte, indem sie dort alle die Formeln fand, mittelst welchen die materiellen Bedingungen des Stoffes in künstlerischer Form überwunden werden können.

Während nun die Renaissance, Dank ihrer noch beschränkten Freiheit, Dank ihrer fest gegründeten, alt überlieferten, mit Naturnothwendigkeit festgehaltenen Principien „auf mannigfach verschlungenen Wegen“ dem Ziele der Schönheit und Wahrheit immer näherzukommen strebt, drängt sich auf einmal ein neues Element, ein neues Material in ihren constructiven Organismus, das immer entschiedener seine Existenzberechtigung zur Geltung bringt: das Eisen.

Mit eherner Faust rüttelt es an den tief gegründeten Schranken althergebrachten Formen, und indem es eine Position nach der anderen sich erringt, verkündigt es neue Gesetze und neue Freiheiten.

Es muss heute schon constatirt werden, dass eine grosse Zahl von Gebäudegattungen von bedeutender räumlicher Ausdehnung, ja gerade die grössten, unsere Zeit charakterisirenden Bauten ganz oder theilweise der Ausführung in Eisen anheimgegeben sind, und wenn sich auch noch die altüberlieferten Formen und Style daran geltend machen, so geschieht dies doch unter Verhältnissen, die

durch die gleichzeitige Anwendung des neuen Materials schon wesentlich modificirt sind.

Denn darüber kann keine Frage sein, dass die Einbeziehung eines so eigenthümlichen Stoffes, das die gewissen, für die Baukunst gerade nothwendigen physikalischen Eigenschaften in so viel höherem Grade besitzt, als die anderen, dass ein solches nicht ohne Einfluss auf die Baukunst bleiben kann.

Das Eisen unterstützt und fördert die oben angeführte Tendenz der constructiven Entwicklung in fast unbeschränktem Maasse; an seine Anwendung knüpfen sich die Vortheile der Raumgewinnung, der grösseren Solidität, der absoluten Oekonomie. Diese Umstände haben dem Eisen den Eintritt und die rasche Aufnahme in die Baukunst verschafft und werden ihm auch eine weitere Verbreitung sichern, bis sich vielleicht sogar noch die Monumental-Architektur seiner nicht blos im Geheimen und Verborgenen, sondern frei und offen bedient, und ihm auch die Weihe der Kunst verleiht. Ob dies einmal geschieht, berührt uns für heute nicht, — es soll nur noch kurz erörtert werden, wie es sich mit dem Zusammenhange zwischen der Deckenconstruction von Eisen und der Grundrissanlage verhält, wie mit jenen Beziehungen zwischen Decke und Stütze, welche den Ausgangspunkt künstlerischer Thätigkeit und architektonischer Raumgestaltung bilden.

Die Constructionen aus Eisen kommen in zwei verschiedenen Systemen zur Anwendung, die stylistisch zu ganz entgegengesetzten Resultaten führen:

1. Entweder nur als raumüberspannender Träger auf gemauerten Pfeilern oder Wänden, oder
2. in Verbindung mit einem ebenfalls in Eisen construirten Stützwerke.

Die erstere Methode der Anwendung enthält zwar die Vortheile der Eisenconstruction nur in bedingtem Sinne, aber sie ist allgemeiner verbreitet und dort, wo sie angewendet ist, von wichtigster formaler Bedeutung geworden. Dem Systeme nach schliesst sich diese Art der Deckenconstruction an die alten Basiliken an, in denen der hölzerne Dachstuhl durch einen eisernen ersetzt wird, und dadurch die Möglichkeit noch grösserer Raumüberspannung bei leichterem und solider herzustellender Construction bietet, womit allerdings nur ein praktischer, aber kein künstlerischer Gewinn verbunden ist. Die Architektur beschränkt sich nur auf die Elemente, welche die Decke tragen. Dies sind entweder Wände, welche mit Oeffnungen durchbrochen sind, oder Pfeiler, respective Säulen, durch Gurten unter sich verspreizt; in beiden Fällen sind es Motive, welche sich in allen früheren Stylen vollkommen entwickelt, in allen Variationen durchgebildet haben. Es tritt durchaus kein Bedürfniss nach einer neuen constructiven Lösung dieser tragenden Wände ein, kein Bedürfniss nach einem neuen Styl und daher müssen naturgemäss die alten Formen, wenn auch in einer jedem Falle angepassten Veränderung wieder aufgenommen werden.

Die Säulenhallen im Inneren der griechischen Tempel, in mehreren Stockwerken übereinander, die mächtigen Arkaden der römischen Amphitheater, die Bogenstellungen der mittelalterlichen Basiliken, die herrlichen Hallen der

Renaissance-Höfe bieten eine unendliche Fülle künstlerischer Lösungen für die Aufgabe, eine horizontale Decke zu unterstützen, und zugleich den inneren Raum licht und luftig zu gestalten. Die Architektur der prächtigen Höfe des Palazzo Farnese, der Cancelleria treten heute als vollkommen organisch sich anpassende Träger solider Decken eines weiten Raumes auf, als innere Raumesarchitektur, im Gegensatz zu ihrer früheren Bedeutung als blosser Hof- und Façadenbau.

In dieser Anwendung als Deckenträger ist das Eisen, von dem man zuweilen die Inaugurierung eines neuen Styles erhoffte, im Gegentheile gerade jenes Element, der eigentliche materielle Factor, der die Beibehaltung älterer Bauformen, die Anwendung vergangener Style überhaupt ermöglicht, ja fördert, und die Entstehung und Entwicklung neuer constructiver und architektonischer Motive verhindert.

Man kann sich diesen störenden und hemmenden Einfluss des Eisens auf die Entwicklung der Stein- und Gewölotechnik recht deutlich vor Augen führen, wenn man die allerdings etwas paradoxe Frage stellt: Wie wäre es mit der Lösung der grossen räumlichen Aufgaben der Gegenwart beschaffen, wenn das Eisen nicht vorhanden wäre, und wenn trotzdem die Vorbedingung möglicher Solidität und Monumentalität an die Ausführung gestellt würde? Es wäre dies ein Anstoss zu neuen constructiven Problemen, es wäre vielleicht der Gewölbebau in ein weiteres, unserem Jahrhunderte würdiges raffiniertes Stadium getreten, irgend eine neue Erfindung aufgetaucht, die dem Zwecke entspricht und einen neuen Styl hervorruft. Klarer wird diese Erörterung, wenn die Frage umgekehrt gestellt wird, und wenn wir in irgend einer früheren Phase der Architektur-Geschichte schon das Eisen uns eingeführt denken. Wenn z. B. in jener Zeit, wo die holzgedeckten Basiliken häufig den elementaren Ereignissen zum Opfer fielen und daher mit dem Gewölbe versehen wurden, wenn damals schon die eisernen Traversen bekannt gewesen wären, — darf man wohl annehmen, dass trotzdem jene Gewölbetechnik der romanischen Epoche, jene Wunderwerke der Gothik überhaupt sich herauskrystallisirt hätten?

Diese Erwägung gibt eine sehr interessante und belehrende Illustration zur Frage über den Einfluss des Eisens, über den Einfluss der Construction und des Materials auf die Entwicklung der Baukunst überhaupt.

Mit dem Eisen und den alten Baustylen können wir heute alle jene Aufgaben lösen, welche in früherer Zeit Anlass geboten hätten zur Entwicklung eines neuen constructiven Systems, eines neuen Stylls.

Indessen bietet doch in einer Beziehung die eiserne Decke nicht bloss einen technischen, sondern auch einen künstlerischen Gewinn, — indem nämlich die Anwendung der Oberlicht-Beleuchtung mit ihr zusammenhängt, sie erst eigentlich in grösserem Umfang ermöglicht.

Man mag über die Nachteile des Oberlichtes denken, wie man will, so ist bei dem modernen Standpunkt der Technik derselbe doch verschwindend klein gegenüber den Vortheilen, die darin bestehen, dass die Räume enger und

gedrängter um einander gruppirt, dass sie in unmittelbarem Zusammenhang gebracht, und dadurch die ganze Anlage auf den engsten Complex zusammengedrängt werden kann, — zunächst nur ein materieller Vortheil, der in neuerer Zeit, wo die Platzfrage immer einen grossen Einfluss auf die Gesamtdisposition hat, oft genug Ausschlag gebend ist. Die Anwendung des Oberlichtes führt aber auch zu einer wesentlichen Vereinfachung der Grundrissform, Höfe und Corridore können damit gespart und eine äusserst günstige, und künstlerisch verwerthbare Gruppierung um einen Centralraum, der sich nicht zu unpraktisch grosser Höhe erheben muss, geschaffen werden. Je geringer die Bedingungen sind, welche das materielle Bedürfniss stellt, je knapper der Inhalt in der Form zum Ausdruck gebracht werden kann, — um so schöner, um so vollkommener und idealer lässt sich die Aufgabe lösen, — und das ist bei der Anwendung von Oberlicht fast immer der Fall.

Nur kurz sei auch noch der Eisenconstruction erwähnt, als conservirendes Element, das uns die Beruhigung bietet, dass der grosse Aufwand an geistiger Arbeit, an Mühe und Geld, welchen unsere Monumentalbauten erfordern, längern Jahrhunderten zu gute kommt, die künstlerischen Leistungen längere Zeit hinaus von unsern Tagen Zeugnis ablegen, indem die Bauten gegen die zerstörende Macht der Elemente besser und nachhaltiger geschützt sind und eine eintretende Gefahr nicht so leicht verhängnissvoll für das ganze Werk werden kann. Die Basilika von St. Paul und wie viele andere Prachtbauten mit ihren Kunstschätzen würden heute noch in ihrer alten Herrlichkeit dastehen, wenn ihre Decken und Dachconstructions von Eisen gewesen wären. Allerdings hätte dann auch mancher Neubau und damit mancher Fortschritt nicht stattgefunden. Durch seine conservirenden Eigenschaften zeigt sich das Eisen auch nach dieser Richtung als conservatives Element in der Baukunst.

Ganz anders steht die Sache, wenn die Verwendung des Eisens nicht bloss auf den Dachstuhl, auf die Decke beschränkt ist, sondern wenn es sich auch auf das Stützwerk ausdehnt.

In diesem Falle kommt ein neues technisches Moment hinzu, das bei den frühern Constructionen der horizontalen Decke nicht vorhanden, nicht möglich war: die unmittelbare, feste Verbindung der Decke mit der Säule. Diese ist nun nicht bloss möglich, sondern geboten, weil beide Theile nicht ohne einander bestehen können, die Stütze in der Decke ihren Halt findet; — Decke und Stützen bilden ein untrennbares Ganzes, das auch äusserlich zu einem einheitlichen System vereinigt werden kann.

Die Vortheile dieser Verbindung zwischen Gesperre und Säule sind offenbar am geringsten, wenn eine horizontale Decken-Construction auf senkrechten Stützen liegt, so dass beide im rechten Winkel zusammenstossen, — am günstigsten aber erweist sich diese Verbindung, — und da kommen die unschätzbaren Eigenschaften des Eisens am vollkommensten zur Geltung, — wenn beide Stützen durch einen Bogen verbunden sind, wenn der eiserne Pfeiler in continuirlicher Linie mit der Decke zusammenwächst und diese in freiem Schwung, im Kreisbogen den Raum überwölbt.

Erst in dieser Form der bogenförmigen Gitterträger auf Gittersäulen können voll und ganz die materiellen Kräfte des Eisens sich bethätigen, — der Bogenträger mit seinen Stützen ist als Ganzes in sich selbst stabil, der Schub wird in der Construction selbst aufgehoben, weil das Material in gleicher Weise die Inanspruchnahme auf Druck wie auf Zug erlaubt. In der architektonisch schönsten Form vereinigen sich demnach die werthvollen Eigenschaften des neuen Materials in ihrer vollkommensten Ausnützung, wenn auch vielleicht nicht in der grössten Oekonomie.

Die künstlerische Idee kann in dieser Form zum Ausdruck kommen, ohne dass man um ihrer Existenzfähigkeit willen ihre Grenzen überschreiten muss; der Bogen, das Gewölbe kann hergestellt werden in fast unbegrenzten Dimensionen ohne äusseres Beiwerk, ohne Seitenhallen, Streben, Widerlager, als ein in sich geschlossenes, vollkommen stabiles und vor der Macht der Elemente möglichst gesichertes Bauwerk.

Wie bekannt, ist dieses System schon seit längerer Zeit an verschiedenen Orten angewendet, bei uns in Wien in grösserem Maasstab und, leider mit Ausnahme des Haupt- raums, consequent durchgeführt, in den Galerien des Welt- Ausstellungsgebäudes.

Es darf wohl der Meinung Ausdruck gegeben werden, dass diesem Systeme der bogenförmigen Gitterträger eine Zukunft offen steht, wenigstens glaube ich vom architektonischen Standpunkt aus sagen zu dürfen, dass es unter allen Eisenconstructions am ehesten eine solche verdient.

Mit diesen Constructions tritt zugleich ein neues Motiv in die architektonische Welt: der flache Bogen als Form der Decke, wie überhaupt breitere und gedrücktere Raum- verhältnisse mit der Anwendung des Eisens zusammenhängen.

Bevor jedoch zum Schluss des raumgestaltenden Ein- flusses des Eisens gedacht werden kann, ist noch über die architektonisch - formale Behandlung des Stoffes, über die ihm zukommende Detailausbildung ein Wort zu sagen.

In der Steintektonik bedienen wir uns heute noch der Formensprache, welche für die horizontale Construction die Griechen, für das Gewölbe die Römer und das Mittel- alter erfunden und festgesetzt hat, weil es eben in der Natur der Sache liegende Formen sind.

Man spricht wohl dieselbe Sprache in andern Dialecten, aber im Grunde ist es doch immer dieselbe. Ob je ein Volk, eine Zeit kommen wird, so künstlerisch genial ange- legt, das auch der Eisentechnik eine Kunstsprache zu geben vermag? — Heute stehen die Eisenconstructeure zum grössten Theil noch auf demselben Standpunkt, den jene ersten Steintechniker lange vor jenem ersten ägyptischen Bau einnahmen, als sie roh behauene, viereckige Blöcke auf- einanderlegten, und eben erst über ihre statischen Functionen in's Reine gekommen waren. Für die Verwendung des Eisens häuft sich in den letzten Jahrzehnten ein enormes Material, aber vor Ablauf vieler Jahrzehnte, vielleicht Jahrhunderte wird ein Facit aus dieser Sammlung von soliden und unsoliden, schönen und unschönen Constructions- formen kaum gezogen werden. Einstweilen wirken nur Wissenschaft und Handwerk zusammen, und diese schaffen keine Kunstwerke.

Daneben sehen wir, freilich sehr sporadisch, die Ver- wendung des Eisens, besonders als Säule in styl- und kunst- gerechten Formen; — auch diese sind nur Versuche, An- fänge, Differenzialien, die erst im Laufe der Zeit sich zu einer geschlossenen allgemein geübten und verstandenen Kunstsprache integrieren werden. Der Anfangspunkt dieser neuen Sprache für das Eisen kann nur wieder die alte Sprache sein, die man an den alten Materialien übt, kennt und versteht, und die sich nach und nach dem neuen Material und seiner Bearbeitung anpasst.

Da jedoch das Eisen in seiner Dimensionirung so ver- schwindend klein ist gegenüber seinen Leistungen, so wird in der Construction selbst kaum je der entsprechende Aus- druck für die Function gefunden werden können, sondern die Construction muss ihre Umhüllung, ihre Bekleidung erhalten, die in ihrer Form die Wirksamkeit der Construction zur Darstellung bringt und sich zugleich als Bekleidung, als angepasste, anhängende Umhüllung kund gibt. Damit schliesst denn diese neue bauliche Errungenschaft an das uralte Bekleidungsprincip der Constructions an.

Wenn demnach durch die umhüllenden Stoffe die äusserliche Vereinigung ihrer einzelnen harten und starren Linien und Glieder zu einheitlich wirkenden Massen und Flächen vollzogen ist, und diese Verkleidung ihre entsprechende Kunstform gewonnen hat, — wenn es weiter einmal gelungen sein wird, die raumumschliessende Wand, eine feste solide, allen Witterungseinflüssen trotzend Mauer, mit den allen Temperatur-Veränderungen unter- liegenden eisernen Gespärren und Stützen organisch und dicht zu verbinden, — dann kann und wird von einer monumentalen Eisenarchitektur die Rede sein können. — Einstweilen ist noch dafür gesorgt, dass die Bäume nicht in den Himmel wachsen.

Zum Schlusse noch einige Worte über die der Eisen- construction unterliegende Raumgestaltung.

Es ist bereits erwähnt, dass die freie Ueberspannung möglichst grosser Räume kein architektonischer Gewinn ist. Ein Raum will auch, wie jede Fläche, wie jeder Körper seine formale Gliederung nach bestimmten Proportionen.

Die beschränkte Spannweite der hölzernen Decken und des Gewölbes haben eine solche Gliederung noth- gedungen und naturgemäss herbeigeführt, indem Mittel- schiff und Seitenschiffe gebildet werden mussten. Dadurch erhielt der Raum seine Verhältnisse, seine Gliederung, seinen Rhythmus, seine Durchblicke, seine Licht- und Schatteneffecte, kurz, was man mit Einem Wort nennt: seine Poesie. Alle diese zauberhaften Wirkungen, welche ein so gearteter Raum auf uns ausübt und die nicht sowohl auf künstlerischer Absicht, sondern wie gesagt, aus Bedürfniss und Noth- wendigkeit, zufällig entstanden sind — hören auf, und statt der dröhnenden Säulenhallen, hinter welchen das Auge sich in geheimnissvolles Dunkel verliert, entstehen heute weit gedehnte, gleichmässig beleuchtete Räume, deren Decke von einer unendlichen Reihe gleichgearteter Pfeiler getragen wird, Räume, in denen das Auge vergeblich nach einem bedeutendern architektonischen Motive, nach tiefem Schatten und hellern Lichtern sucht.

Und nicht Oekonomie, nicht rein technische Gründe, sondern wirkliches Bedürfniss der Zeit zwingt zu solcher unermesslichen, ungegliederten Hallen und die Eisenconstruction vermag diesem Bedürfniss zu entsprechen. Es wäre ganz vergeblich, wenn die gegen solche Anlagen sich sträubende Baukunst bei solchen Zwecken auf ihre höheren künstlerischen Ansprüche mehr Gewicht legen wollte, — sie müsste unterliegen.

Glücklicherweise verbreitet sich diese Scheu vor raumbegrenzenden Stützen noch nicht auf alle Arten von Gebäuden und die alte Kunst findet noch immer ihre Stätte, wo sie durch Säulen und Pfeiler, Bogen und Gewölbe den Raum gruppieren und theilen und dem künstlerischen Gefühle jene Befriedigung gewähren kann, die ihm gebührt. Der Künstler kann und muss in der modernen Baukunst mehr als je über das blosse Bedürfniss, über die reine Zweckmässigkeit hinaus den Raum gliedern und gestalten und die Gesetze der Schönheit und harmonischen Raumbildung walten lassen, — eine Aufgabe, die dem Architekten der Renaissance, der modernen Zeit, gerade durch den entgegenwirkenden Ein-

fluss des Eisens, in viel höherem Grade zufällt, als den Künstlern der früheren Zeiten.

Mehr als je kann der Architekt nach seiner freien Phantasie, nach seinem individuellen Wissen und Willen künstlerisch schaffen und gestalten, mehr als je bietet ihm Material und Technik alle möglichen Hilfsmittel, seine kühnsten Ideen zu verwirklichen, aber auch näher als jemals steht er darum an der Grenze des Gebietes, wo Willkür und Gesetzlosigkeit ihre Orgien feiern, — und darum muss er auch mehr als je festhalten an den altererbten und bewährten Formen, festhalten an den in den alten Monumenten verkörperten Gesetzen der Schönheit und der Proportionen, deren gewissenhaftes Studium sein Bemühen in den vier verflossenen Jahrhunderten war, und in ihnen den Halt und die Stütze finden, die er durch seine Befreiung aus den Fesseln der constructiven Nothwendigkeit verloren. Denn veränderlich sind die Bedürfnisse der Menschheit, veränderlich und fortschreitend das technische Wissen und Können, veränderlich ist auch die Sprache der Kunst — aber unveränderlich und ewig dieselben sind die Gesetze der Schönheit.

Ueber die Eröffnungs- und Abschluss-Geschwindigkeiten der Dampfvertheilungs-Mechanismen.

Von J. Illeok, Ingenieur.

Man hat sich seit der Einführung der Präcisions-Steuerungen sozusagen in die Vorstellung eingelebt, dass ein momentaner Dampfabschluss zur Vollkommenheit der Steuerung unentbehrlich sei; diese Vorstellung hat natürlich nur insoweit ihre Berechtigung, als auf solche Art die Präcision des Dampfabschlusses unter allen Umständen eine relativ gesicherte bleibt. Für Auslöse-Steuerungen mit Dreh- oder Flachschiebern wird man daher gut thun, an diesem Principe festzuhalten, da man kein Hinderniss vorfindet, die Abschluss-Geschwindigkeit soweit zu erhöhen, als es durch Federkraft oder Gewichte überhaupt möglich ist.

Anders verhält sich die Sache aber bei den Ventil-Steuerungen, wo die Aufschlag-Geschwindigkeit der Ventile eine möglichst geringe sein soll; bei diesen wird es gerathener sein, den Dampfabschluss nicht schneller, als unbedingt nöthig, erfolgen zu lassen; damit tritt die Aufgabe heran, jene untere Grenze der Geschwindigkeit des Dampfabschlusses ausfindig zu machen, bei welcher sich im Indicator-Diagramme das charakteristische scharfe Abschneiden noch immer bemerkbar macht.

Ich habe mir nun die noch mehr erweiterte Aufgabe gestellt, die Eröffnungs- und Abschluss-Geschwindigkeiten der zwangläufigen und Auslöse-Steuerungen nach allgemeinen Principien zu bestimmen; vermöge dieser Allgemeinheit können die nachfolgenden Darstellungen aber nicht durchgehend auf strenge Genauigkeit Anspruch erheben; sie sollen nur den Weg bezeichnen, wie man in speciellen Fällen, den Besitz der nöthigen Daten vorausgesetzt, ohne in umständliche Rechnungen zu verfallen, zu einem in praktischer Hinsicht genügend genauen Resultate gelangen

kann und wohl auch über die betreffenden Zahlwerthe und deren Grenzen eine Uebersicht gewähren.

Wir beginnen mit der

Meyer'schen Steuerung.

Die Abschluss-Geschwindigkeiten, welche dieser Mechanismus für geringere Füllungen ermöglicht, sind erfahrungsgemäss in der Regel hinlänglich, um ein genügend scharfes Abschneiden im Indicator-Diagramme zu bewirken. Diese Steuerung kann uns daher in der gedachten Beziehung werthvolle Aufschlüsse liefern; aus diesem Grunde soll hier ein Verfahren angegeben werden, wie man die fraglichen

Geschwindigkeiten für alle Füllungsgrade auf kurzem und übersichtlichen Wege aus dem Zeuner'schen Polar-Diagramm ableiten kann.

Es sei in Fig. 1 OK die Lage der Kurbel unter dem Winkel $KOK_0 = \omega$ von dem todtten Punkte aus in der Rich-

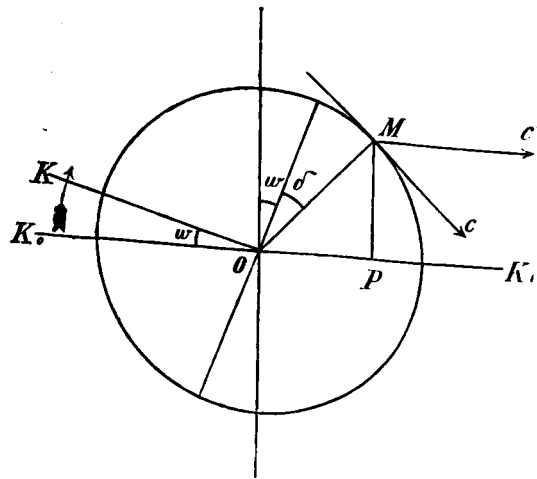


Fig. 1.

tung des Pfeiles gedreht; $OM = r$ sei das Excenter unter dem Voreilungswinkel δ ; der Excentermittelpunkt M

bewege sich mit der constanten Geschwindigkeit c im Kreise; dann wird dessen Geschwindigkeit in der Richtung des Schieberspiegels $K_0 K_1$:

$$c' = c \cos(\omega + \delta)$$

sein; ist n die Umdrehungszahl per Minute, so ist

$$c = \frac{n \cdot 2 r \pi}{60}$$

daher

$$c' = \frac{n \pi}{30} r \cos(\omega + \delta)$$

Lassen wir diese Geschwindigkeit als jene des Expansionschiebers gelten, so ist analog jene des Vertheilungsschiebers mit der Excentricität r_0 unter dem Voreilungswinkel δ_0 :

$$c'' = \frac{n \pi}{30} r_0 \cos(\omega + \delta_0)$$

Die relative Geschwindigkeit beider Schieber ist somit:

$$u = c' - c'' = \frac{n \pi}{30} [(r \cos \delta_0 - r \cos \delta) \cos \omega - (r_0 \sin \delta_0 - r \sin \delta) \sin \omega]$$

Setzen wir den Ausdruck in der Klammer s , so erhalten wir für die relative Schiebergeschwindigkeit die einfache Relation:

$$u = \frac{n \pi}{30} \cdot s \dots \dots \dots 1)$$

Der Factor s hat mit dem relativen Schieberwege ξ gleiche Bauart; es ist nämlich nach Dr. Zeuner:

$$\xi = (r \sin \delta - r_0 \sin \delta_0) \cos \omega + (r \cos \delta - r_0 \cos \delta_0) \sin \omega = A \cos \omega + B \sin \omega$$

und dagegen stellt sich:

$$s = -B \cos \omega + A \sin \omega$$

Wenn also der relative Schieberweg ξ durch die Sehnen eines Kreises darzustellen ist, so gilt dies auch von dem Factor s ; es fragt sich nur, wie sich beide Kreise der Grösse und ihrer Lage im Polar-Diagramme nach von einander unterscheiden.

Beide Kreise haben den gleichen Durchmesser:

$$2 \rho = \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{r^2 + r_0^2 - 2 r r_0 \cos(\delta - \delta_0)} \dots 2)$$

Der relative Schieberweg wird ferner Null für:

$$tg \omega = -\frac{A}{B},$$

der Factor s hingegen für

$$tg \omega' = \frac{B}{A}$$

Das gibt die Relation:

$$1 + tg \omega \cdot tg \omega' = 0$$

welche Bedingung zweien Geraden angehört, die aufeinander senkrecht stehen.

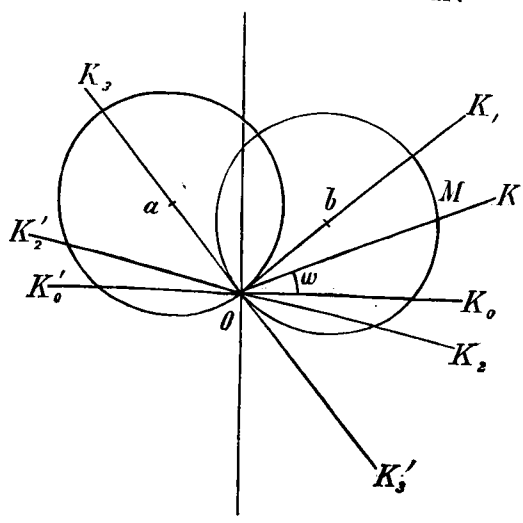


Fig. 2.

Ist nun, in Fig. 2, a der Mittelpunkt des relativen Schieberkreises, so ziehe man $O b$ senkrecht auf $O a$ und

mache $O b = O a$; dann ist b der Mittelpunkt des gesuchten Geschwindigkeits-Kreises und bei irgend einer Kurbelstellung die relative Geschwindigkeit der beiden Schieber:

$$u = \frac{n \pi}{30} \cdot O M$$

Im weitern Sinne kann man als Eröffnungs-Geschwindigkeiten alle jene der Periode bezeichnen, wo der Dampfeinlasscanal im Wachsen begriffen, hingegen unter Schluss-Geschwindigkeiten alle jene der Periode zusammenfassen, wo der Dampfeinlasscanal in Abnahme begriffen ist.

Aus dem Diagramme ersieht man sofort, dass die Eröffnungs-Geschwindigkeit in der Regel erheblich geringer als die Abschluss-Geschwindigkeit ist.

Ebenso leicht erkennt man, dass die relative Geschwindigkeit Null wird, sobald der relative Schieberweg ein Maximum ist, d. h. wenn die beiden Schiebermittel am weitesten von einander abstehen; hingegen erreicht die relative Geschwindigkeit ihr Maximum, wenn der relative Schieberweg Null ist, d. h. wenn die beiden Schiebermittel zusammentreffen.

Ebenso ist klar, dass die Eröffnungs- und Abschluss-Geschwindigkeiten insgesamt um so grösser werden, je grösser der relative Schieberkreis ist; wir müssen also trachten, den Durchmesser

$$2 \rho = \sqrt{r^2 + r_0^2 - 2 r r_0 \cos(\delta - \delta_0)}$$

möglichst gross zu erhalten; der grösste Werth, dessen dieser Ausdruck überhaupt fähig ist, tritt für $(\delta - \delta_0) = \pi$ ein, wobei:

$$2 \rho = r + r_0$$

und

$$u_{\max} = \frac{n \pi}{30} (r + r_0)$$

wird.

Diese Annahme verträgt sich aber nicht mit einer richtigen Dampfvertheilung; es kann nämlich höchstens:

$$\delta_0 = 0 \text{ und } \delta = \frac{\pi}{2}$$

gesetzt werden; dann ist für $r_0 = 35$, $r = 40$ mm und $n = 60$:

$$u_{\max} = \frac{n \pi}{30} \sqrt{r_0^2 + r^2} = 0,333 \dots \dots 3)$$

Auch dieses Maximum ist aber nur als Grenzwert zu betrachten; wird die Steuerung, wie es für stationäre Maschinen üblich ist, so eingerichtet, dass sie alle Füllungsgrade, welche der Vertheilungsschieber ermöglicht, zulässt, so findet sich u_{\max} noch erheblich geringer; setzen wir z. B.

$\delta_0 = 15^\circ$ und $\delta = 60^\circ$ so wird $2 \rho = 29$ mm und $u_{\max} = 0,182$

Die Abschluss-Geschwindigkeiten, welche den verschiedenen Füllungsgraden entsprechen, berechnen sich aus dem Diagramme mittelst der Formel (1) und der Tourenzahl $n = 60$, wie folgt:

ϵ	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,94
ρ mm	8,5	26	28,5	28,5	27,5	25,5	22	20	12	5	0
u m	0,053	0,163	0,179	0,179	0,173	0,160	0,138	0,126	0,075	0,031	0

Obwohl nun die maximale Abschluss-Geschwindigkeit in diesem speciellen Falle beim Füllungsgrade $\epsilon = 0,265$ eintritt, so wird indessen doch ersichtlich, dass die Abschluss-

Geschwindigkeit, welche den Füllungsgraden von $\epsilon = 0,1$ bis $\epsilon = 0,5$ entspricht, nicht erheblich geringer ist; sie wird auch sehr spät, nämlich für $\epsilon = 0,94$ Null und nimmt überhaupt erst dann rasch ab, sobald der Vertheilungs-Schieber abgeschlossen hat, diese Abnahme also schon ohne Belang ist.

Aus dem Gesagten ist schliesslich zu entnehmen, dass die Abschluss-Geschwindigkeit, welche die Meyer'sche Steuerung gibt, für die verschiedenen Füllungsgrade zwar variabel ist, dass diese Variabilität innerhalb der zumeist üblichen Füllungsgrade aber unbeträchtlich ist; auch kommen diese Abschluss-Geschwindigkeiten, was besonders in's Gewicht fällt, nahezu der maximalen gleich.

Die unterste Grenze der Dampfabschluss-Geschwindigkeit, welche noch ein genügend scharfes Abschneiden im Indicator-Diagramme bewirkt, dürfte sich, nach der Meyer'schen Steuerung zu urtheilen, auf etwa $0,15^m$ bis $0,2^m$ belaufen.

Die zwangsläufigen Präcisions-Steuerungen.

Es sei in Fig. 3 ACD ein mit dem beliebigen Radius $OD = r$ beschriebener Halbkreis, der uns den Kurbelkreis der Maschine repräsentiren soll, worin A und C die beiden toden Punkte bedeuten.

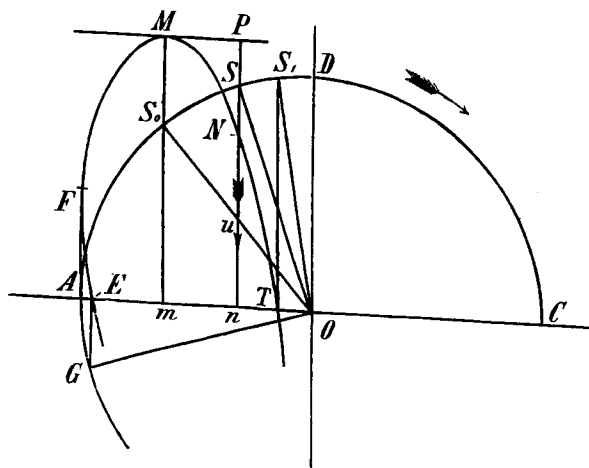


Fig. 3.

Gewöhnlich nimmt man als Halbmesser r jene Weite des Dampfeinlasscanales oder jene Ventilerhebung an, womit für eine gegebene Kolbengeschwindigkeit der bei halbem Kolbenhube erforderliche Querschnitt des Dampfeinlasses hinreichend wird, damit der Dampf ohne Spannungsverlust nachströmen kann; dann stellt der Halbkreis ACD die erforderlichen Canalweiten für die übrigen Kolbenpositionen auf dem Wege AC vor. Zeichnet man sich nun die wirklichen Canaleröffnungen oder Ventilerhebungen für die verschiedenen Kolbenpositionen auf dem Wege AT , dem Füllungsgrade $\epsilon = \frac{AT}{AC}$ zugehörig, ein, so erhält man die Curve EMT , welche sich von der idealen AS_1T jederzeit mehr oder minder entfernt. Zunächst lassen sich vier specielle Kolbenpositionen hervorheben. Bei der Kurbelstellung OG und der zugehörigen Kolbenstellung E beginnt der Dampfeinlass; somit ist $\sphericalangle AOG = \alpha$ der Voreröffnungswinkel. Bei der Kurbelstellung OA befindet sich der Kolben am toden Punkte A ; errichtet man in A eine Senkrechte auf

AC , so liefert der Berührungspunkt F das lineare Voreilen $AF = \Delta$.

Bei der Kurbelstellung OS_0 befindet sich der Kolben im Punkte m ; in dieser Stellung tritt die grösste Canaleröffnung oder Ventilerhebung $Mm = h$ ein, wofür $AOS_0 = \varphi_0$ gesetzt werden soll. Bei der Kurbelstellung OS_1 befindet sich der Kolben im Punkte T ; hiermit schliesst sich die Dampfeinströmung, den Winkel S_0OS_1 setzen wir φ_1 . Der Punkt M werde als Ursprung gewählt und angenommen, dass bei der Kurbelstellung OS_0 die Zeit t beginne; nach Verlauf der Zeit t soll sich die Kurbel in der Lage OS befinden und sei der betreffende Drehungswinkel $S_0OS = \varphi$; in der zugehörigen Kolbenstellung n ist also die Ventilerhebung oder Canaleröffnung $Nn = h - x$, wenn $NP = x$ gesetzt wird.

Unter der Annahme, dass die Geschwindigkeit c im Kurbelkreise ACD constant sei, ist:

$$\text{arc. } S_0S = r\varphi = ct$$

und mit Rücksicht auf $c = \frac{n \cdot 2\pi\pi}{60}$

$$t = \frac{30}{n\pi} \varphi \dots \dots \dots 4)$$

Es handelt sich jetzt um die Bestimmung der Geschwindigkeit des Punktes N in der Richtung Nn , d. h. der Fallgeschwindigkeit u . Hierzu benöthigen wir in erster Reihe das vorläufig unbekannte und speciell für die zwangsläufigen Ventil-Steuerungen sehr complicirte Bildungsgesetz der Curve EMT .

Um die Aufsuchung dieses Gesetzes zu umgehen, wollen wir vorerst annehmen, dass der Antrieb des Ventils oder Schiebers durch ein Kreisexcenter erfolge, dann gehört die Curve EMT bekanntlich einer Ellipse an; in diesem Falle gelten folgende zwei Sätze:

1. Zwischen der Fallgeschwindigkeit u und dem Drehungswinkel φ besteht das einfache Gesetz:

$$u = c \sin \varphi$$

wobei c eine für denselben Füllungsgrad constante Grösse bedeutet.

2. Zwischen den Winkeln φ_0, φ_1 und dem Voreröffnungswinkel α besteht die Relation:

$$\varphi_1 - \varphi_0 = \alpha$$

Beide Beziehungen finden sich leicht, wenn man vermittelst des angenommenen Bewegungsgesetzes die Curve EMT zur geschlossenen Figur ergänzt, d. h. die Ellipse construirt.

Es sei in Fig. 4 OK_0 die Kurbel am toden Punkte, und in dieser Lage Of das Antriebs-Excenter unter dem Voreilungswinkel $fOd = \delta$ mit der Excentricität $Of = \rho$; aus O beschreiben wir zwei Kreise, einen mit dem Halbmesser ρ , den zweiten mit dem Halbmesser $OA = r$, so dass wieder AC den Kolbenhub vorstellt. Zunächst drehen wir die Kurbel um den Winkel $K_0OK_1 = 90 - \delta$ nach OK_1 vorwärts; dadurch erhalten wir die Kolbenstellung, wo der Schieberweg das Maximum, nämlich ρ erreicht; zieht man dann $S_0M \parallel$ zu Od , so findet sich MM' als die eine conjugirte Axe der Ellipse. Sodann drehen wir die Kurbel um den Winkel $K_0OK_1 = \delta$ nach OK_1 zurück;

$JD \parallel$ zu Od' gezogen, liefert die Kolbenstellungen D und D' , wo der Schieberweg Null wird; somit ist DD' die andere conjugirte Axe der Ellipse; die Punkte F und F' derselben,

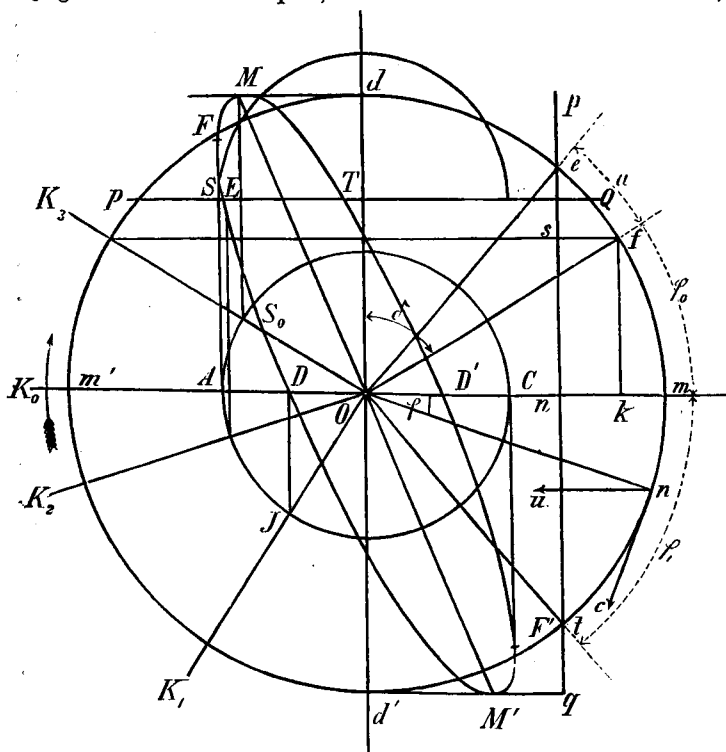


Fig. 4.

welche den todten Punkten entsprechen, markiren sich dabei schärfer, wenn man $AF = CF' = Ok$ aufträgt.

Ziehen wir schliesslich noch $PQ \parallel$ zu mm' und $pq \parallel$ zu dd' , beide mit dem Abstände On gleich der äussern Ueberdeckung, so finden sich in der Geraden PQ die Punkte E und T , welche den Excenterstellungen Oe und Ot entsprechen.

Für Ventilsteuerungen ist natürlich statt der äussern Ueberdeckung der Abstand des Schwingungs-Mittelpunktes O von dem Anschlagpunkte n zu setzen; es findet sich somit: $\sphericalangle fOe = \alpha =$ dem Voreröffnungswinkel, $\sphericalangle mOf = \varphi_0$

$$\sphericalangle tOm = \varphi_1$$

und die Figur gibt sofort:

$$\varphi_1 - \varphi_0 = \alpha$$

und

$$\delta + \varphi_0 = \frac{\pi}{2}$$

Auch berechnet sich für den Füllungsgrad ϵ leicht:

$$\varphi_0 + \varphi_1 = \arccos(1 - 2\epsilon) \dots \text{für } \epsilon \leq \frac{1}{2}$$

$$= \frac{\pi}{2} + \arcsin(2\epsilon - 1) \dots \text{für } \epsilon > \frac{1}{2}$$

Ist ferner On eine beliebige Excenterstellung unter dem Winkel $nOm = \varphi$, so ist die Fallgeschwindigkeit

$$u = c \sin \varphi$$

wenn c die Umfangs-Geschwindigkeit im Excenterkreise ρ bedeutet; somit ist:

$$u = \frac{n\pi}{30} \rho \sin \varphi \dots \dots \dots 5)$$

Aus Gleichung (5) lässt sich die Fallgeschwindigkeit u für alle Kurbelstellungen berechnen, wenn der ideelle Excenteradius ρ bekannt ist; wir finden aber aus Fig. 4:

$$\rho = \frac{x}{1 - \cos \varphi} = \frac{h}{1 - \cos \varphi_1} \dots \dots \dots 6)$$

und ferner das lineare Voreilen:

$$\Delta = SF = \rho (\cos \varphi_0 - \cos \varphi_1) \dots \dots \dots 7)$$

damit ist unsere Aufgabe beendet; Gleichung (5) mit (6) verbunden gibt nämlich die Fallgeschwindigkeit:

$$u = \frac{n\pi}{30} \frac{h}{1 - \cos \varphi_1} \sin \varphi \dots \dots \dots 8)$$

und hieraus folgt für $\varphi = \varphi_1$ die Aufschlag-Geschwindigkeit im Punkte T :

$$u_1 = \frac{n\pi}{30} \frac{h}{1 - \cos \varphi_1} \sin \varphi_1 = \frac{n\pi}{30} h \cotg. \varphi_1 \dots 9)$$

Für halbe Füllung z. B. ist:

$$\varphi_1 + \varphi_0 = 90^\circ$$

$$\varphi_1 - \varphi_0 = \alpha$$

$$\text{Also } \varphi_1 = \frac{90 + \alpha}{2}$$

Mit $n = 60$, $h = 0,018$ und $\alpha = 8^\circ$ würde sich ergeben:

$$u_1 = 2\pi \cdot 0,018 \cotg. 24,5^\circ = 0,248^m$$

Hieraus ist zu entnehmen, mit welcher Leichtigkeit sich die Aufschlag-Geschwindigkeiten der Collmann- oder Hartung-Steuerung finden lassen, vorausgesetzt nämlich, dass unsere Annahme über das Bewegungsgesetz statthaft ist.

Zur weiteren Vervollständigung habe ich noch, unter specieller Bezugnahme auf die Collmann'sche Steuerung, folgende Tabelle berechnet:

ϵ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
φ_0	14° 26,5'	22° 34'	29° 12,5'	35° 14'	41°	46° 46'	52° 47,5'	59° 26'
φ_1	22° 26,5'	30° 34'	37° 12,5'	43° 14'	49°	54° 46'	60° 47,5'	67° 26'
δ	75° 33,5'	67° 26'	60° 47,5'	54° 46'	49°	43° 14'	37° 12,5'	30° 34'
ρ^{mm}	106		64		52			37
Δ^{mm}	4,7		4,9		5,1			4,6
h^{mm}	8		13		18			23
u_1^m	0,279		0,267		0,271			0,236

Die Winkel φ_0 und φ_1 sind hierbei unter der Annahme berechnet, dass der Voreröffnungswinkel α für alle Füllungsgrade constant sei und 8° betrage.

Das ideelle Excenter, welches durch die Werthe von ρ und δ bestimmt wird, nähert sich mit Zunahme der Füllung immer mehr dem fixen Grundexcenter, die Abweichungen des ersteren von dem letzteren werden durch die variable, von dem Regulator beeinflusste Bewegung hervorgerufen.

Für grosse Füllungen ist also unsere Annahme, dass die Curve EMT eine elliptische sei, jedenfalls erlaubt; für geringere Füllungen aber ist diese Curve, wenn man sie für eine ganze Umdrehung als geschlossene Figur verzeichnet, nichts weniger als eine Ellipse; dann tritt jedoch der Umstand ein, dass das uns interessirende Stück EMT , welches den wirklichen Eröffnungen entspricht, nur ein kleiner Theil der geschlossenen Figur ist und thatsächlich mit noch mehr Berechtigung einem elliptischen Bogen gleichgesetzt werden kann, wie schon aus einer oberflächlichen Besichtigung dieser Ventil-Erhebungscuren erkennbar wird.

Die den einzelnen Füllungsgraden zugehörigen maximalen Ventilerhebungen h sind den in Collmann's

Broschüre enthaltenen Ventilerhebungs-Diagrammen entlehnt und dürften als angehend genau zu betrachten sein.

Das lineare Voreilen findet sich für alle Füllungsgrade ziemlich constant, wie dies dem Wesen der Collmann'schen Steuerung entspricht, da der auf den Kniehebel wirkende Lenker zu Beginn des Kolbenhubes auf die Ventilerhebung nur einen geringen Einfluss nehmen kann.

Die Aufschlag-Geschwindigkeiten sind, um später folgende Vergleiche mit der Sulzer'schen Steuerung zu ermöglichen, unter Annahme der Tourenzahl $n = 66$ berechnet und zeigen sich gleichfalls ziemlich constant; es dürfte diese Aufschlag-Geschwindigkeit für die angenommenen Verhältnisse im Mittel circa $0,25^m$ betragen; erst vom Füllungsgrade $\varepsilon = 0,5$ angefangen, beginnt sich eine merkliche Abnahme dieser Geschwindigkeit einzustellen.

In Nr. 28, 1879 der „Wochenschrift des Vereines der deutschen Ingenieure“ wird die Aufschlag-Geschwindigkeit der Collmann-Steuerung für dieselbe Tourenzahl $n = 66$ genau constant gefunden und zu $u_1 = 0,16^m$ berechnet. Da sich der ungenannte Verfasser seine Aufgabe aber insoferne leicht gemacht hat, als er für die Fallgeschwindigkeit einfach das Gesetz $v = \frac{h}{t}$ annimmt, so dürften die obigen Resultate, trotzdem sie eigentlich indirect gewonnen wurden, zuverlässiger sein.

Bezüglich der in der „Zeitschrift des Vereines der deutschen Ingenieure“, Heft 2, 1880 veröffentlichten zwangläufigen Ventilsteuerung von C. Hartung ist zu bemerken, dass das lineare Voreilen bei dieser vollkommen constant ist, wogegen der Voreröffnungswinkel α , wie sich bei directer Verzeichnung der Bewegungen des Steuerapparates mittelst der angegebenen Maasse erkennen lässt, mit Abnahme der Füllung bedenklich zu wachsen beginnt.

Es wäre zweckmässiger, den Mechanismus derart abzuändern, dass der Voreröffnungswinkel constant bleibt, wenn auch das lineare Voreilen dabei etwas variirt. Es ist dies bei der Hartung'schen Steuerung principiell auch leicht erreichbar, wenn man, wie in Fig. 5 ersichtlich ist, die Welle a' , auf welcher sich die fixen Gegenlenker $a'b$ befinden, excentrisch gegen a stellt, während Hartung die Punkte a und a' zusammenfallen lässt. Es hat nur seine praktischen Schwierigkeiten, eine so winzige Distanz, wie aa' voraussichtlich sein wird, der Grösse und Lage nach genau festzustellen.

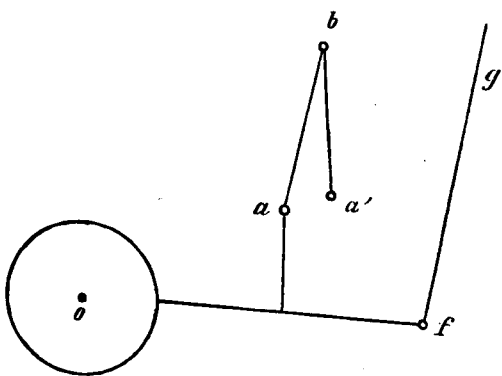
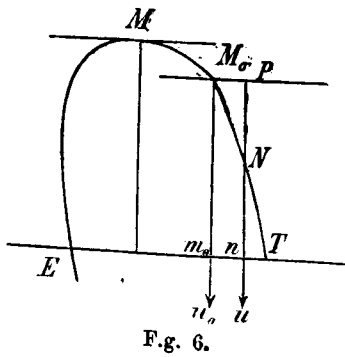


Fig. 5.

Die Auslöse-Steuerungen.

Wir führen die Rechnung speciell für eine Ventilsteuerung, da sich in diese auch die Schieber-Auslösesteuerungen einbeziehen lassen. Die Ventilerhebungs-Curve

EMT in Fig. 6 setzt sich diesmal aus zwei Theilen zusammen, nämlich aus dem Zweige EMM_0 , welcher der zwangläufigen Bewegung angehört und dem Zweige M_0T , welcher annähernd dem freien Falle entspricht. Die Fallgeschwindigkeiten innerhalb der Curve MM_0 können nach den für die zwangläufigen Steuerungen entwickelten Formeln berechnet werden; es darf daher die anfängliche Fallgeschwindigkeit u_0 im Punkte M_0 als bekannt vorausgesetzt werden. Wir nehmen jetzt den Punkt M_0 als Ursprung, setzen $M_0m_0 = h$ und lassen von M_0 aus die Zeit t und den Drehungswinkel φ mit derselben Bedeutung, wie hier die Formel:



F.g. 6.

in Fig. 3 beginnen. Zur Berechnung der Fallzeit dient auch hier die Formel:

$$t = \frac{30}{n\pi} \cdot \varphi$$

Bezeichnet u die Fallgeschwindigkeit, P die bewegende Kraft im Punkte N , G das Fallgewicht, so ist bekanntlich:

$$\frac{u^2 - u_0^2}{2} = \frac{g}{G} \int_0^x P dx \dots \dots \dots 10)$$

Wir wollen uns vorerst erlauben, die Anfangs-Geschwindigkeit u_0 , die unter allen Umständen geringen Einfluss auf die Aufschlag-Geschwindigkeit u_1 haben wird, zu vernachlässigen und deren Einfluss erst zum Schlusse in Betracht ziehen.

Demzufolge setzen wir:

$$u^2 = 2 \frac{g}{G} \int_0^x P dx \dots \dots \dots 11).$$

Ist P_0 die Ruhespannung der Feder, so erhöht sich diese im Punkte N auf

$$P_0 + k(h-x) P_0$$

und wird die Reibung der Ventilspindel mit F bezeichnet, so ist die bewegende Kraft:

$$P = P_0 + k(h-x) P_0 + G - F;$$

folglich ist:

$$\int_0^x P dx = (P_0 + kh P_0 + G - F) x - k P_0 \frac{x^2}{2}$$

Dieser Werth in Gleichung (11) eingesetzt, gibt:

$$u = \frac{dx}{dt} = \sqrt{2 \frac{g}{G} (P_0 + kh P_0 + G - F) x - k \frac{P_0}{G} g x^2} \dots \dots \dots 12)$$

daraus folgt durch Integration die Fallzeit:

$$t = \frac{1}{\sqrt{k \frac{P_0}{G} g}} \arcsin \left(\frac{kx}{1 + kh + \frac{G-F}{P_0}} - 1 \right) + C$$

da für $x = 0$ die Zeit $t = 0$ ist, ergibt sich die Constante:

$$C = \frac{\pi}{2 \sqrt{k \frac{P_0}{G} g}}$$

daher folgt nach einiger Reduction:

$$t \sqrt{k \frac{P_0}{G} g} = \arccos \frac{1 + k(h-x) + \frac{G-F}{P_0}}{1 + kh + \frac{G-F}{P_0}} \dots (13)$$

Für $x=h$ finden wir aus den Gleichungen (12) und (13) die Aufschlags-Geschwindigkeit:

$$u_1 = h \sqrt{k \frac{P_0}{G} g \cdot \left(1 + \frac{2}{kh} \left(1 + \frac{G-F}{P_0}\right)\right)} \dots (14)$$

und die zugehörige Fallzeit:

$$t_1 = \frac{1}{\sqrt{k \frac{P_0}{G} g}} \arccos \frac{1 + \frac{G-F}{P_0}}{1 + kh + \frac{G-F}{P_0}} \dots (15)$$

Die Gleichungen (14) und (15) verbunden, geben schliesslich das einfache Fallgesetz:

$$u_1 = \alpha \frac{h}{t_1} \dots (16)$$

wobei:

$$\alpha = \sqrt{1 + \frac{2}{kh} \left(1 + \frac{G-F}{P_0}\right)} \arccos \frac{1 + \frac{G-F}{P_0}}{1 + kh + \frac{G-F}{P_0}}$$

Es stehen uns somit zwei Wege zu Gebote, um für eine bestehende Maschine die Aufschlag-Geschwindigkeit zu berechnen; entweder direct aus Gleichung (14), oder indirect aus Gleichung (16), in welchem letzterem Falle die Fallzeit t_1 aus dem Ventilerhebungs-Diagramme mittelst des Winkels φ_1 und der Formel (4) berechnet werden muss.

Die Aufschlag-Geschwindigkeit u_1 , zeigt sich nach Gleichung (16) annähernd proportional der Fallhöhe h , da letztere den Werth des Factors α nur wenig beeinflusst; derselbe liegt innerhalb der Grenzen 2 und $\frac{\pi}{2}$.

Die bei einer und derselben Maschine unter wechselnden Umständen wandelbaren Werthe k , F und P_0 haben somit auf das durch Gleichung (16) repräsentirte Fallgesetz keinen sehr bedeutenden Einfluss, sondern äussern ihre Wirkung vornehmlich auf die Fallzeit t_1 . Wir werden deshalb den Factor α schon genügend genau erhalten, wenn diese Grössen auch nur beiläufig angenommen werden. Setzen wir im Mittel etwa

$$k = \frac{1}{20} \text{ und } \frac{G-F}{P_0} = \frac{1}{10}$$

so berechnet sich α aus:

$$\alpha = \sqrt{1 + \frac{40}{h}} \arccos \frac{20}{20+h}$$

worin die Fallhöhe h in Millimetern einzusetzen ist; hiernach ist der Factor α in der folgenden Tabelle für die verschiedenen, maximalen Ventilerhebungen berechnet:

h	0	5	10	15	20	25	30	∞
α	2	1,936	1,888	1,852	1,824	1,800	1,781	1,571

In der schon erwähnten Nr. 28, 1879 der „Wochenschrift des Vereines deutscher Ingenieure“ finden wir für die Sulzer'sche Maschine ein Ventilerhebungs-Diagramm in vergrössertem Maasstabe verzeichnet; da der Verfasser des betreffenden Aufsatzes ansonst ziemlich genau zu Werke

geht, so wollen wir dieses Diagramm in Fig. 7 theilweise reproduciren und in Benützung bringen:

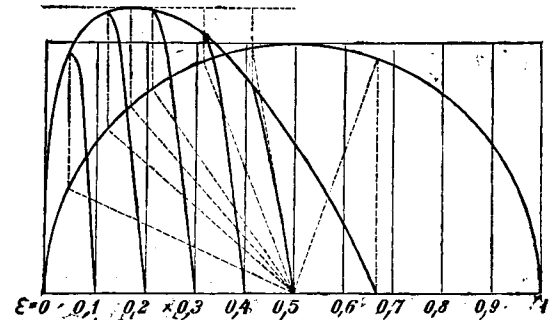


Fig. 7.

Die aus Fig. 7 sich ergebenden Ventilerhebungen sind mit $\frac{2}{3}$ zu multipliciren, um die wirklichen zu erhalten; die berechneten Aufschlag-Geschwindigkeiten u_1 sind in der folgenden Tabelle enthalten und wurde hierbei die Tourenzahl $u = 66$ zu Grunde gelegt.

ϵ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,67
h^{mm}	15,2	17,7	17,9	16,3	13,3	0
φ_1°	14° 21'	12° 38'	12° 4'	10° 55'	10° 55'	
t_1''	0,036	0,032	0,030	0,027	0,027	
α	1,85	1,83	1,83	1,84	1,86	
u_1	0,777	1,015	1,077	1,091	0,900	
n'	0,777	1,015	1,077	1,093	0,907	0,212

Vom Füllungsgrade $\epsilon = 0,4$ angefangen ist die Aufschlag-Geschwindigkeit ziemlich annähernd:

$$u' = \sqrt{u_1^2 + u_0^2}$$

Die Anfangs-Geschwindigkeit u_0 ist hierbei nach den Formeln, welche für die zwangsläufigen Steuerungen entwickelt wurden, zu berechnen; sie sind, sammt den bezüglichen Daten in der folgenden Tabelle enthalten:

ϵ	0,4	0,5	0,67
φ	19° 35'	31° 20'	61° 20'
x^{mm}	1,9	4,8	18
ρ^{mm}	33	33	35
u_0^{m}	0,076	0,118	0,212

Entsprechend den angestellten Special-Berechnungen sind schliesslich die Abschluss-Geschwindigkeiten der Meyer-,

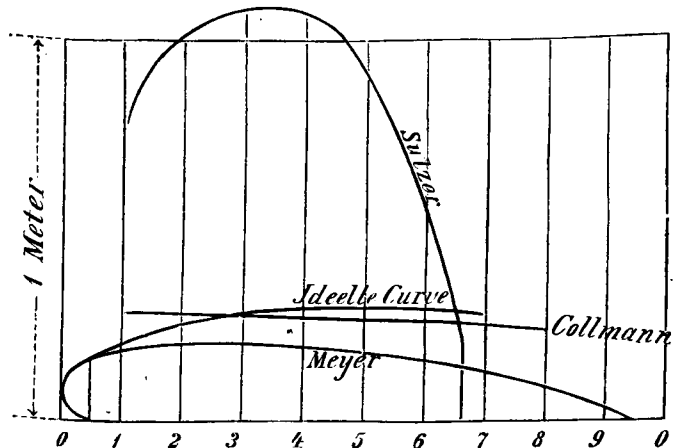


Fig. 8.

Collmann- und Sulzer-Steuerungen unter Annahme der

gemeinschaftlichen Tourenzahl $n = 66$ in Fig. 8 graphisch dargestellt; die Abschlusscurve der erstern ist, wie jetzt leicht erklärlich, genau eine Ellipse.

Bei Ansicht dieser drei Curven, welche sehr erheblich von einander abweichen, entsteht die Frage, nach welchem Gesetze eigentlich die Abschluss-Geschwindigkeit mit dem Füllungsgrade bei einer vollkommen angeordneten Ventilsteuerung variiren müsse. Am zweckmässigsten wird es offenbar sein, die Einrichtung so zu treffen, dass die Abschluss-Geschwindigkeit nicht grösser ist, als der betreffende Füllungsgrad sie unbedingt erfordert.

Wir wollen zum Schlusse noch diese fragliche ideale Schlussgeschwindigkeits-Curve ausfindig machen.

Ueber die richtige Beziehung zwischen der Abschluss-Geschwindigkeit und dem Füllungsgrade.

Es sei in Fig. 9 wieder AQB der mit dem Halbmesser $OA = r$ beschriebene Halbkreis, welcher die ideellen

Ventilerhebungen darstellt, während die Curve EMT die wirklichen Ventilerhebungen für einen beliebigen Füllungsgrad liefern soll. Diese beiden Curven

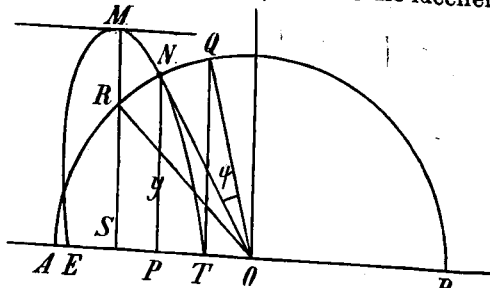


Fig. 9.

schneiden sich im Punkte N ; von der Kurbelstellung ON oder von der Kolbenstellung P angefangen wird also die Dampfdruck-Curve abzufallen beginnen, wenngleich die eigentliche Expansion erst bei der Kurbelstellung OQ oder der Kolbenposition T eintritt. Im Dampfdruck-Diagramm macht sich dieser Vorgang, wie in Fig. 10 ersichtlich, bemerkbar und

ist es selbstverständlich, dass das Stück PT und der zugehörige Drehungswinkel NOQ umso kleiner werden, je rascher sich das Ventil schliesst.

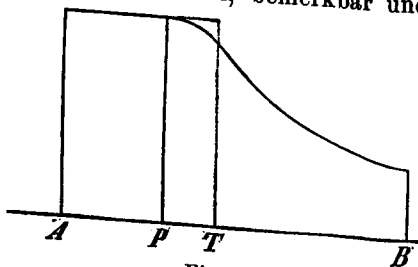


Fig.

Wir wollen nun die Beziehung zwischen diesem Stück PT und der Abschlussgeschwindigkeit u_1 im Punkte T aufsuchen.

Zu diesem Ende setzen wir in Fig. 9, übereinstimmend mit den frühern Darstellungen:

$\triangleright AOR = \varphi_0$

$\triangleright ROQ = \varphi_1$

$\triangleright NOQ = \psi$

$NP = y \quad PT = z$

Dann ist die Ventilerhebung, welche der Kolbenstellung P entspricht:

$y = r \sin(\varphi_0 + \varphi_1 - \psi)$

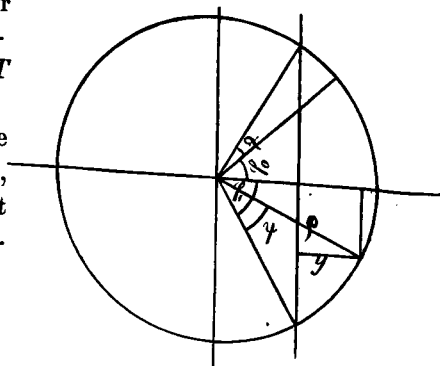


Fig. 11.

und die Distanz PT , welche die Unvollkommenheit des Dampf-Abschlusses repräsentirt:

$z = r [\cos(\varphi_0 + \varphi_1 - \psi) - \cos(\varphi_0 + \varphi_1)]$

Ist ρ der Halbmesser des ideellen Excenterkreises, so findet sich für die Ventilerhebung y mit Beachtung von Fig. 11 noch ein zweiter Ausdruck, nämlich:

$y = \rho [\cos(\varphi_1 - \psi) - \cos \varphi_1]$

daher ist:

$\rho [\cos(\varphi_1 - \psi) - \cos \varphi_1] = r \sin(\varphi_0 + \varphi_1 - \psi)$

Nach Gleichung (5) ist die Abschluss-Geschwindigkeit:

$u_1 = \frac{n\pi}{30} \rho \sin \varphi_1$

oder mit Benützung der vorigen Relation:

$u_1 = \frac{n\pi}{30} r \frac{\sin(\varphi_0 + \varphi_1 - \psi)}{\cos(\varphi_1 - \psi) - \cos \varphi_1} \sin \varphi_1 \dots (17)$

Der Winkel ψ berechnet sich aus der Relation:

$\cos(\varphi_0 + \varphi_1 - \psi) = \cos(\varphi_0 + \varphi_1) + \frac{z}{r} = 1 - 2\varepsilon + \frac{z}{r} \dots (18)$

Die Winkel φ_0 und φ_1 ergeben sich, wie früher, aus den Gleichungen:

$\varphi_1 - \varphi_0 = \alpha$

$\varphi_1 + \varphi_0 = \arccos(1 - 2\varepsilon) \dots \varepsilon \leq \frac{1}{2}$

$= \frac{\pi}{2} + \arcsin(2\varepsilon - 1) \dots \varepsilon \geq \frac{1}{2}$

Das Verhältniss $\frac{z}{r}$ lässt sich ganz wohl nach dem Gefühle annehmen; verzeichnet man nämlich die betreffenden Dampfdruck-Diagramme, so lässt sich erkennen, dass diese noch befriedigend aussehen, wenn das Verhältniss:

$\frac{z}{r} = \frac{1}{20}$ für $\varepsilon = \frac{1}{20}$

$\frac{z}{r} = \frac{1}{5}$ „ $\varepsilon = \frac{1}{2}$ bis $\frac{7}{10}$

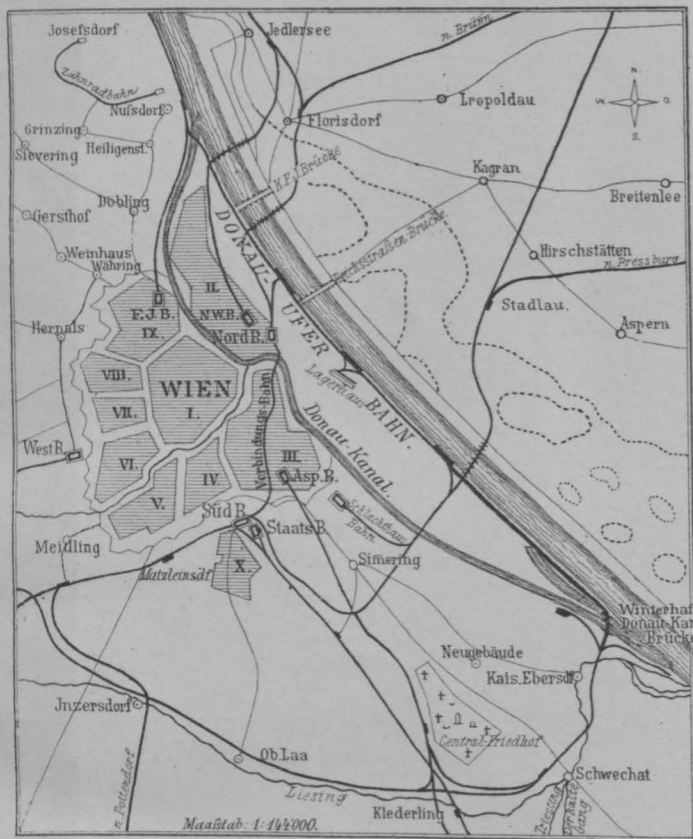
angenommen wird.

Hiernach wurde die nachstehende Tabelle gerechnet wobei $n = 66$, $r = 8\text{mm}$ und $\alpha = 8^\circ$ gesetzt wurde:

ε	0,05	0,5	0,7
φ_0	80° 55'	41°	52° 47,5'
φ_1	160° 55'	49°	60° 47,5'
$\frac{z}{r}$	0,05	0,2	0,2
ψ	70° 40'	110° 35'	120°
ρ^{mm}	82	56,7	46
δ	81° 5'	49°	37° 12,5'
h^{mm}	3,5	19,5	23,5
u_1^{m}	0,165	0,296	0,277

Die eben berechneten Schluss-Geschwindigkeiten u_1 sind gleichfalls in Fig. 8 eingetragen und geben unsere Ideal-Curve; dieselbe zeigt, dass die grösste Abschluss-Geschwindigkeit für $\frac{1}{2}$ Füllung erforderlich ist; von $\frac{1}{2}$ bis auf $\frac{1}{10}$ Füllung kann die Schluss-Geschwindigkeit nahezu auf die Hälfte sinken; hingegen soll dieselbe von $\frac{1}{2}$ bis auf $\frac{7}{10}$ Füllung nur wenig abnehmen. Unter diesen Umständen wird man bei steter Anwendung der geringstmöglichen Aufschlag-Geschwindigkeit für alle Füllungsgrade dieselbe Vollkommenheit der Dampfdruck-Diagramme erzielen und dieses Princip scheint mir jedenfalls richtiger zu sein, als die Schluss-Geschwindigkeit für alle Füllungsgrade kurzweg constant zu halten.

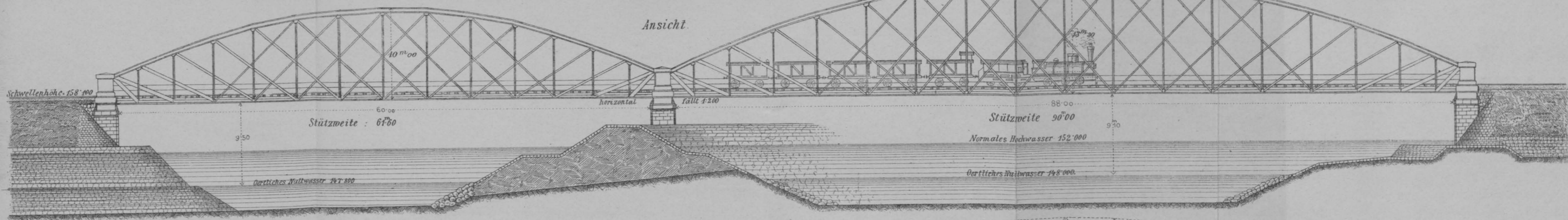
Übersichtskarte.



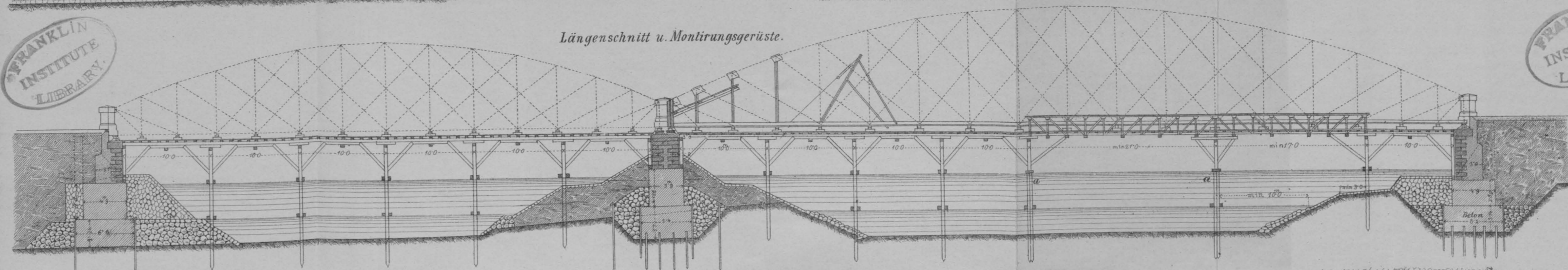
Winterhafen-Brücke

bei Kaiser-Ebersdorf.

Donaucanal-Brücke

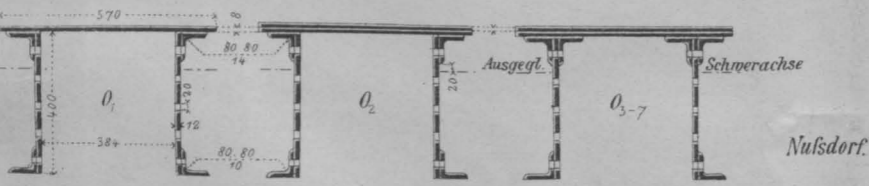


Längenschnitt u. Montierungsgerüste.

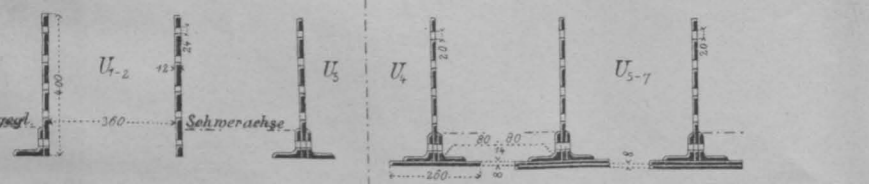


Querschnitte der Winterhafen-Brücke.

Obergurt.

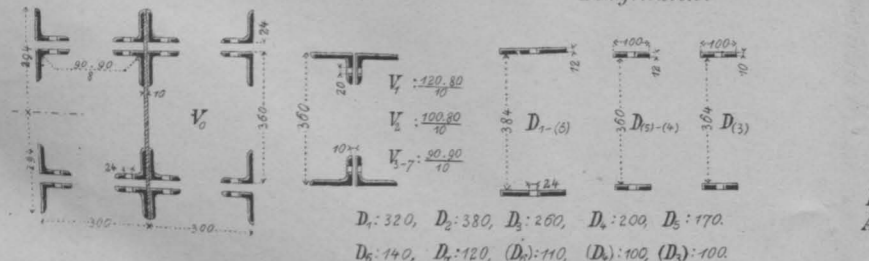


Untergurt.



Vertikalen.

Diagonalen.

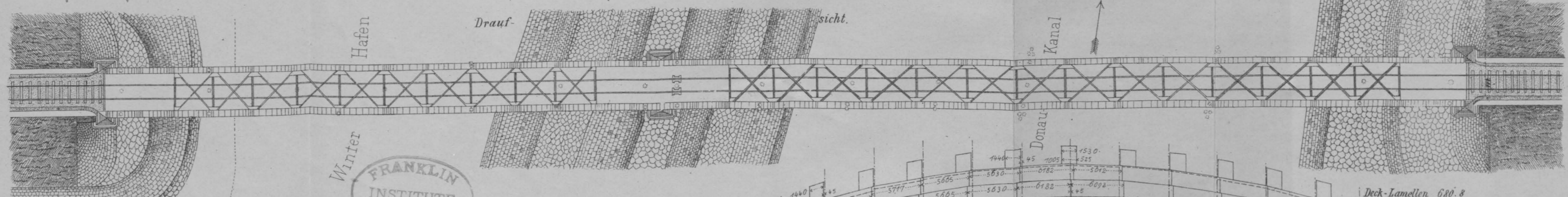


Oberer Querverband

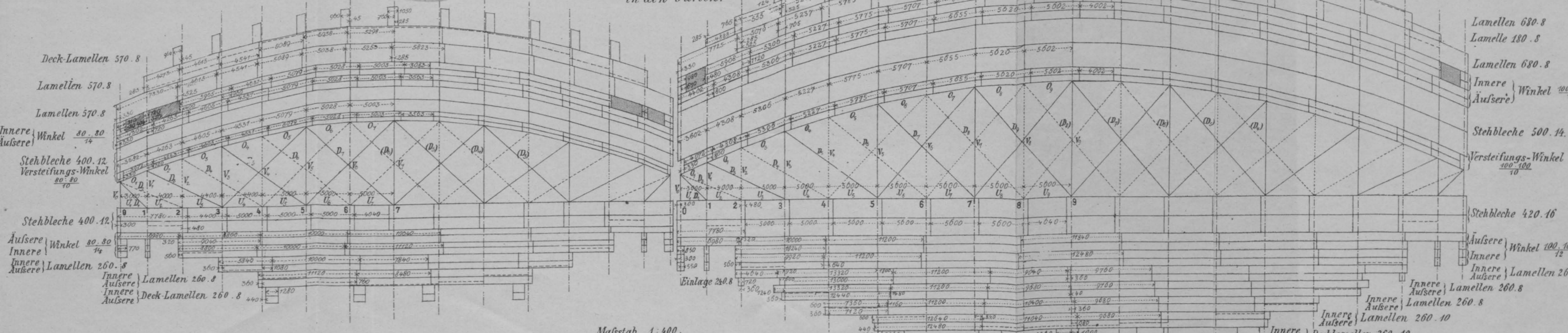
Windverband.



Maßstab 1:20. Maße in Millimeter.



Materialverteilung in den Gurten.



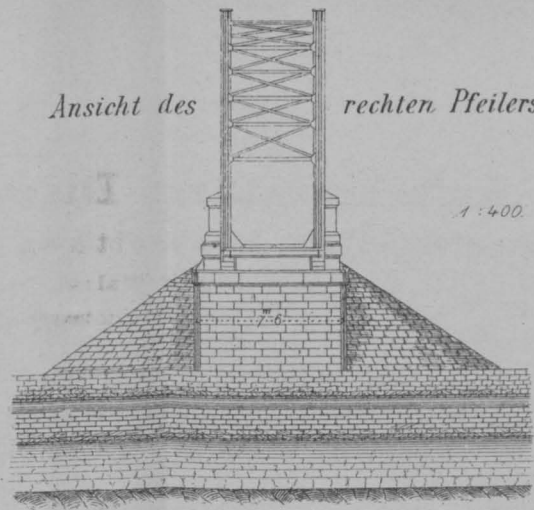
Maßstab 1:400.

FRANKLIN INSTITUTE LIBRARY.

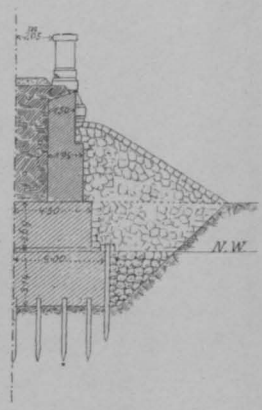
FRANKLIN INSTITUTE LIBRARY.

FRANKLIN INSTITUTE LIBRARY.

Ansicht des rechten Pfeilers.



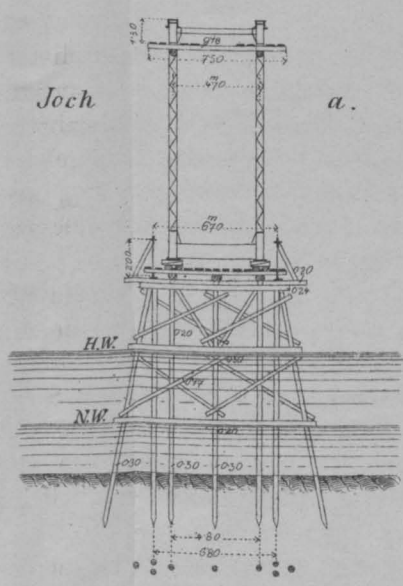
Schnitt m n.



ANKLIN
STITUTE
BRARY.

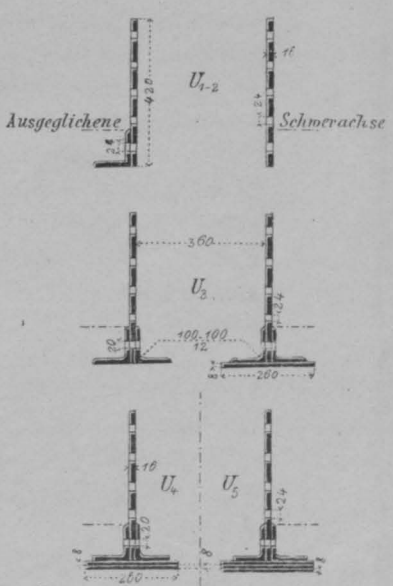
Querschnitte d. Donaueanal-Brücke.

Joch



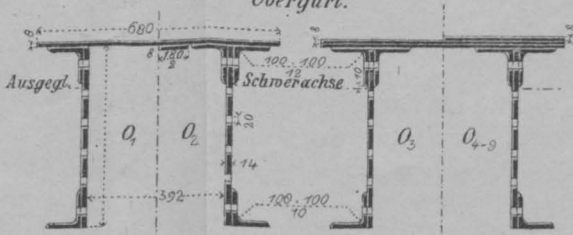
a.

Untergurt.

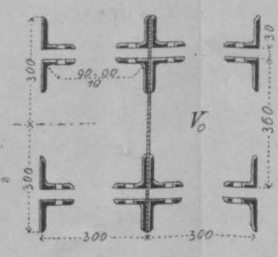


Kaiser-Ebersdorf.

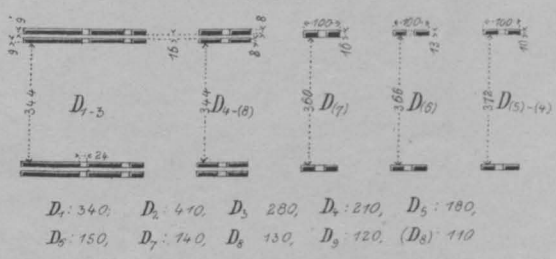
Obergurt.



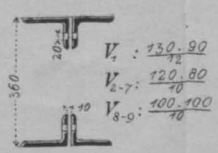
Vertikalen.



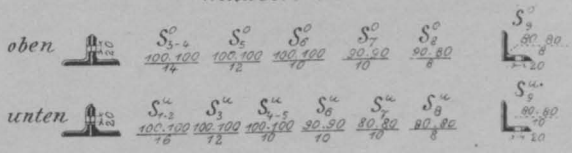
Diagonalen.



Vertikalen.



Windverband.

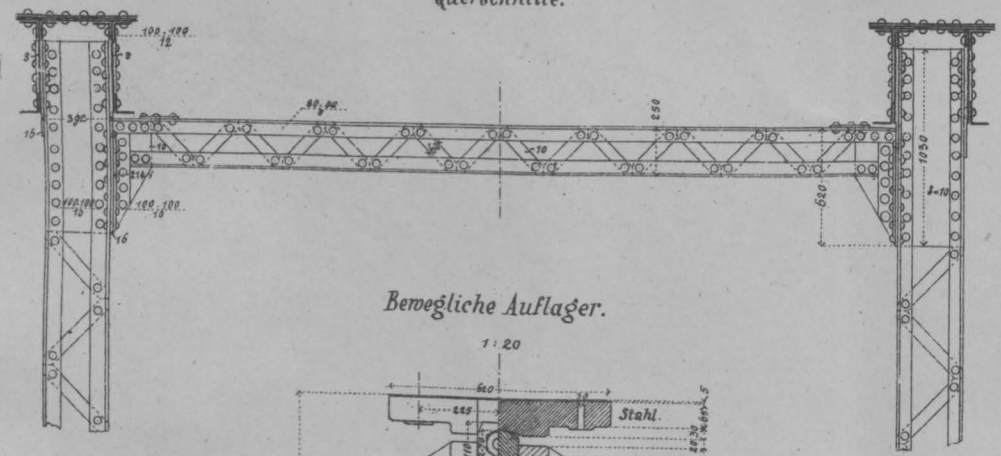


Maßstab 1:20. Maße in Millimeter.

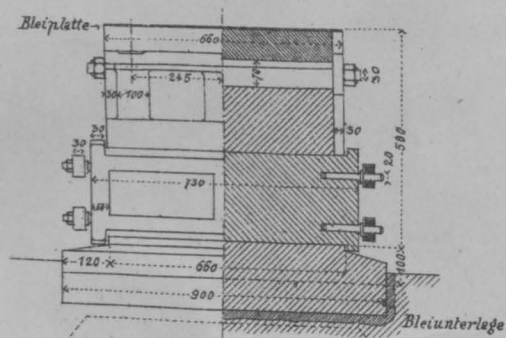
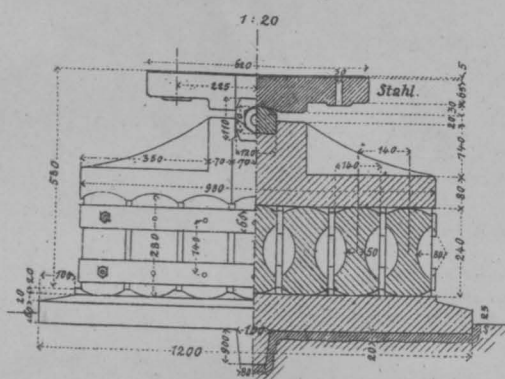
DONA-UFER-BAHNSTRECKE WIEN-KAISER EBERSDORF.

Details der Donaucanal-Brücke.

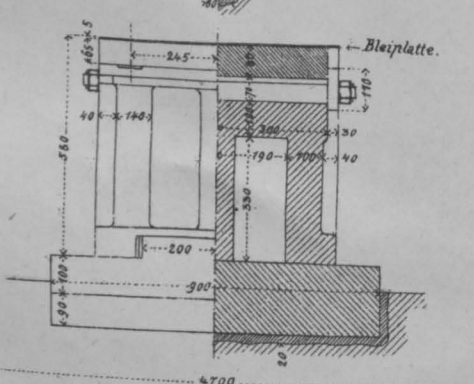
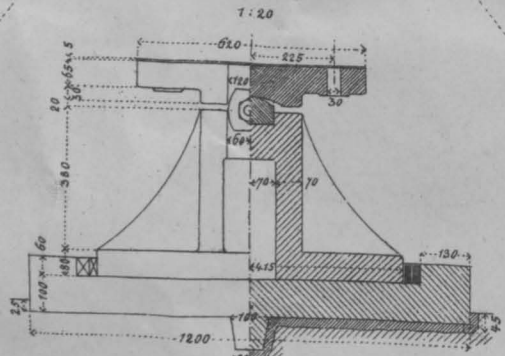
Querschnitte.



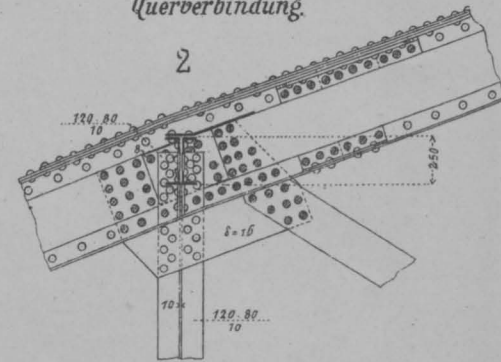
Bewegliche Auflager.



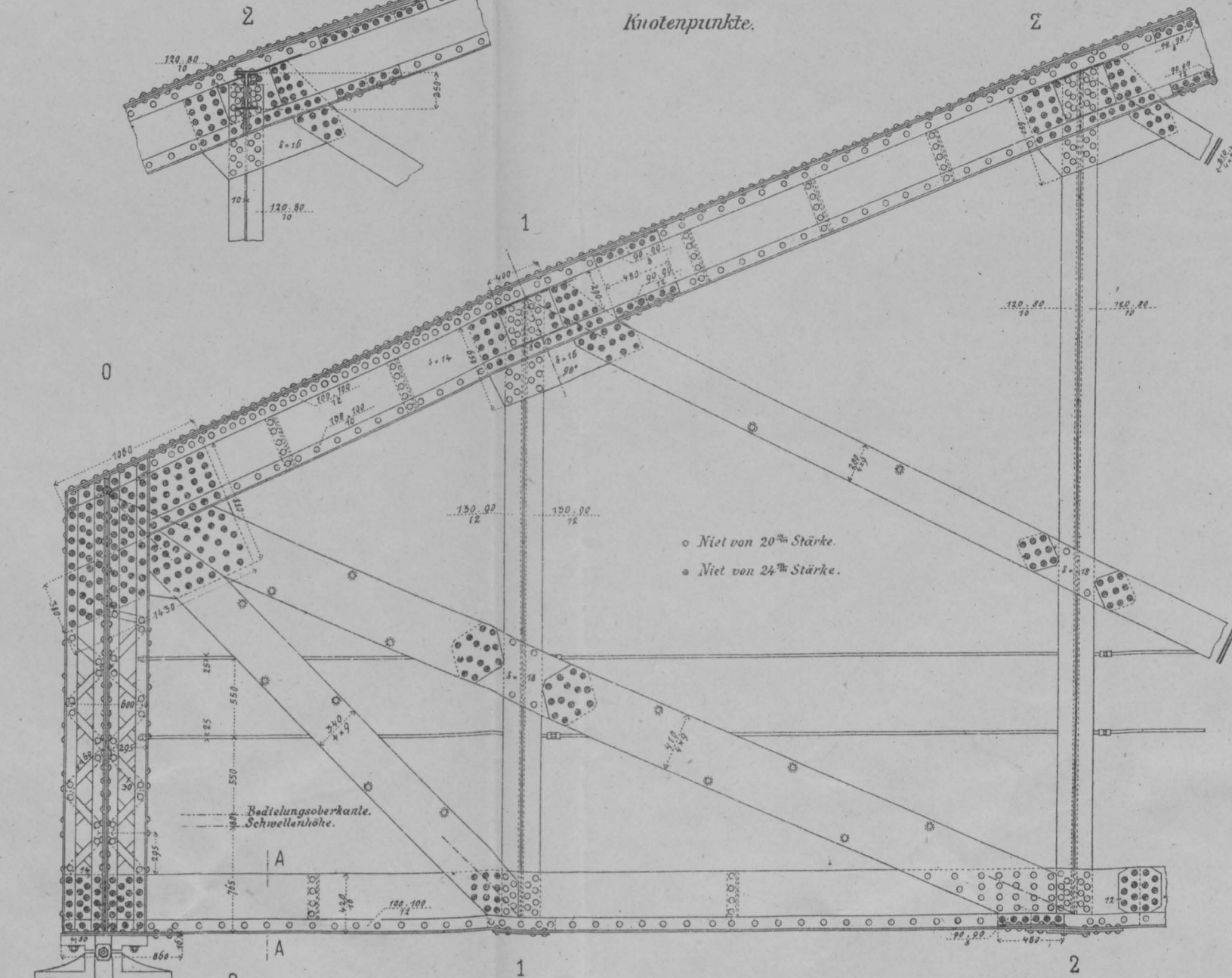
Feste Auflager.



Abnormale obere Querverbindung



Knotenpunkte.

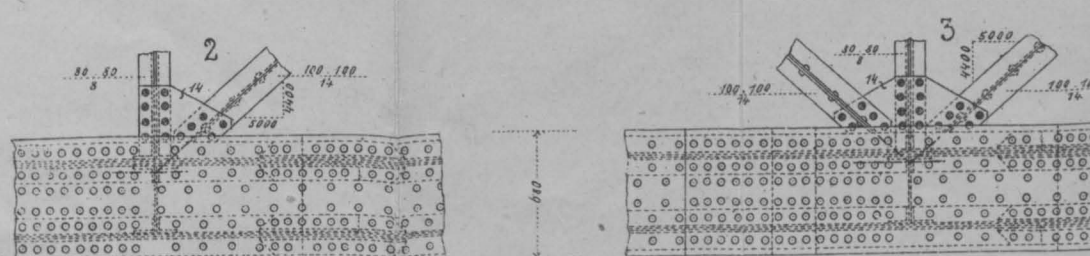
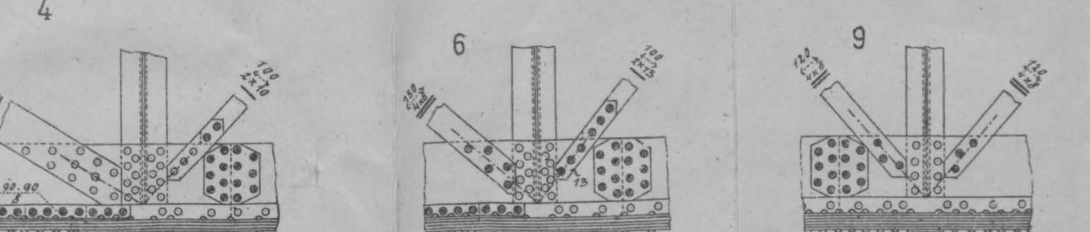
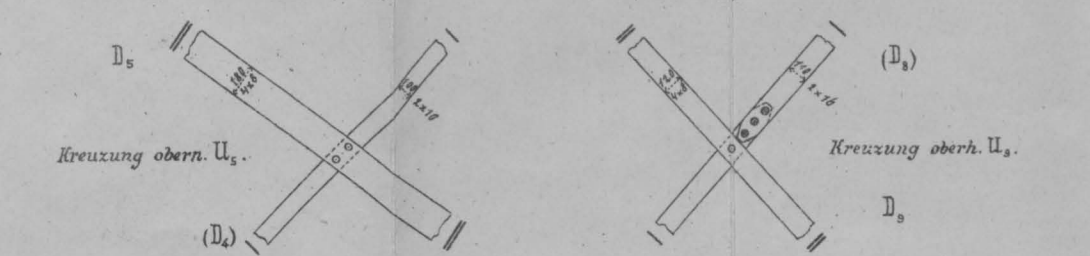
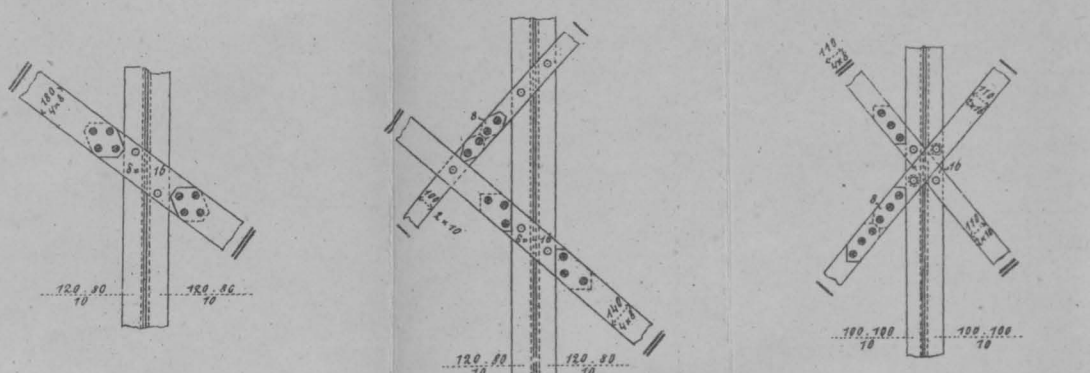
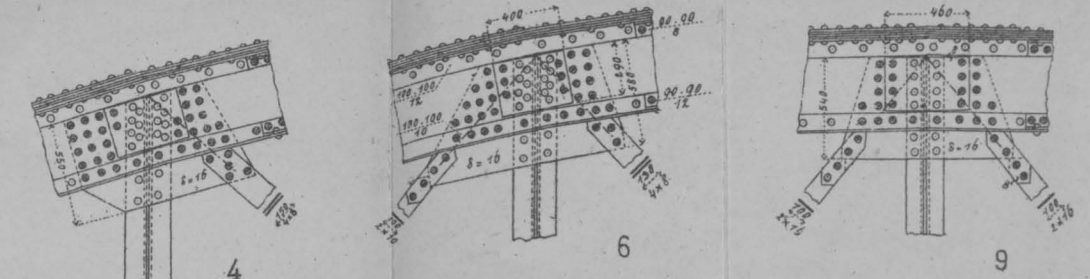
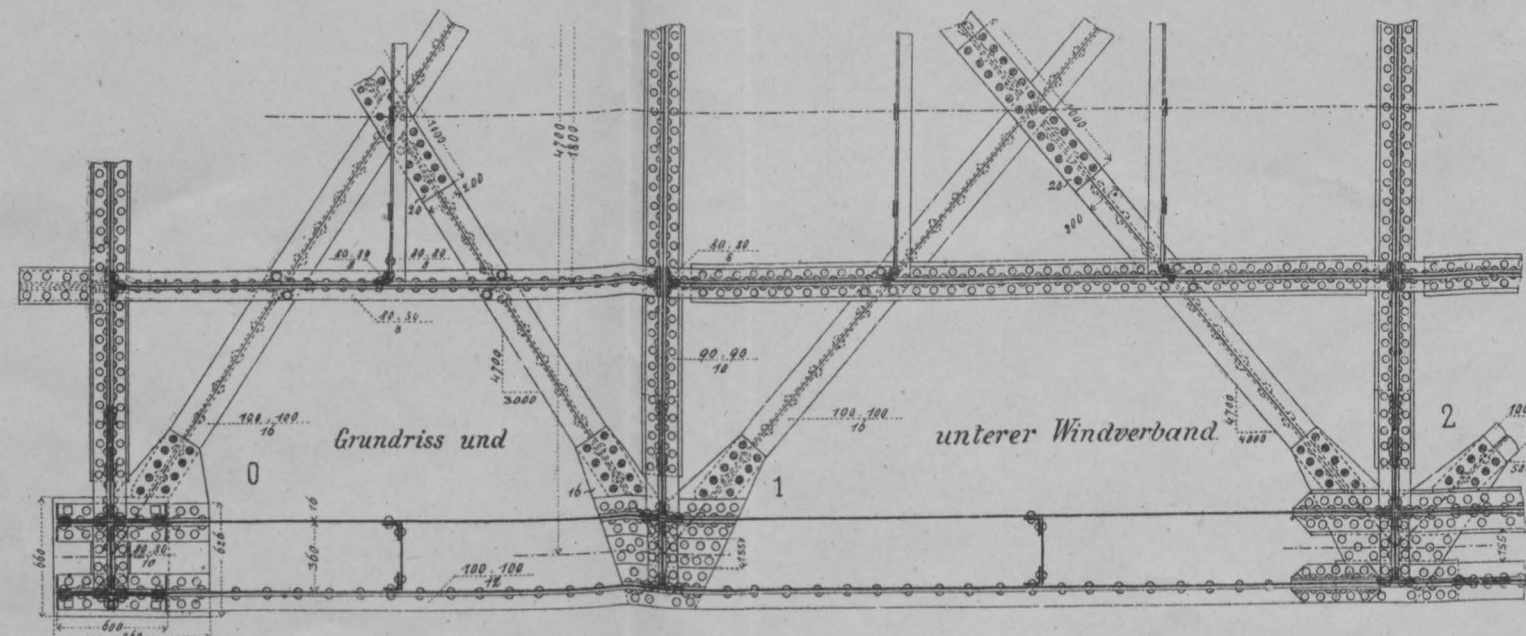


- o Niet von 20^{er} Stärke.
- o Niet von 24^{er} Stärke.

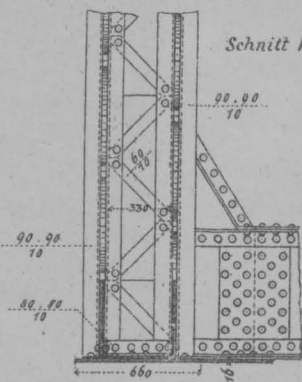
Bedienungsoberkante Schwellenbohle.

Grundriss und

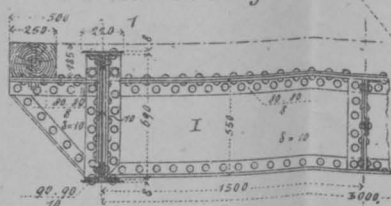
unterer Windverband.



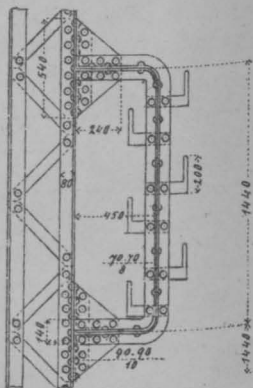
Schnitt AA.



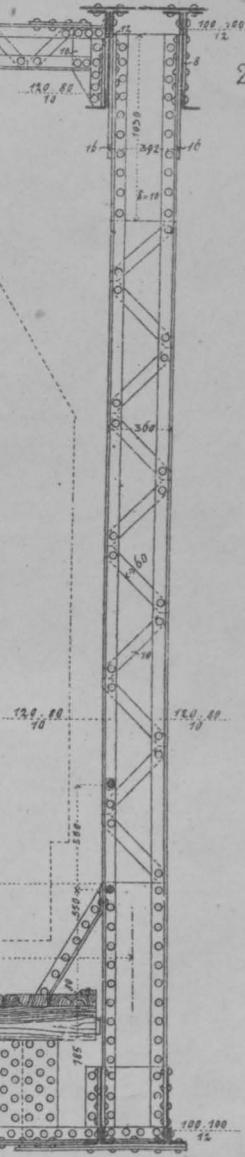
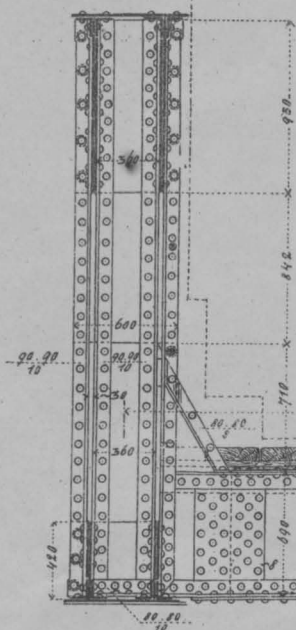
Fahrbahnträger.



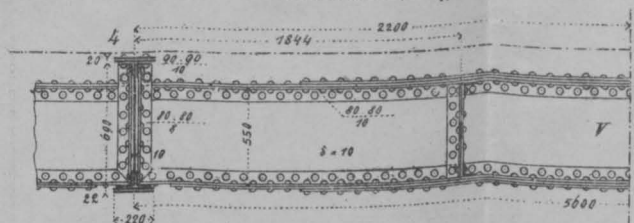
Telegrafenträger.



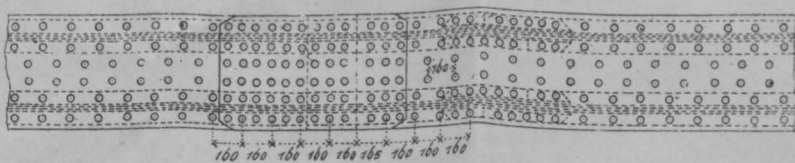
Endständer.



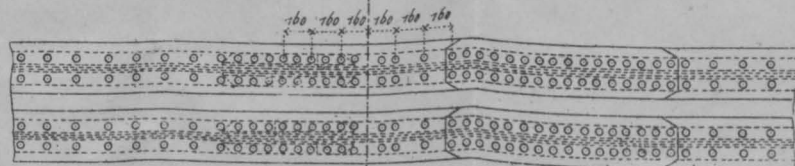
Fahrbahnträger.



Niettheilung im Übergurt.

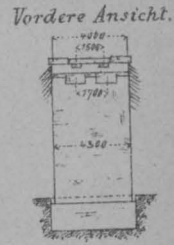
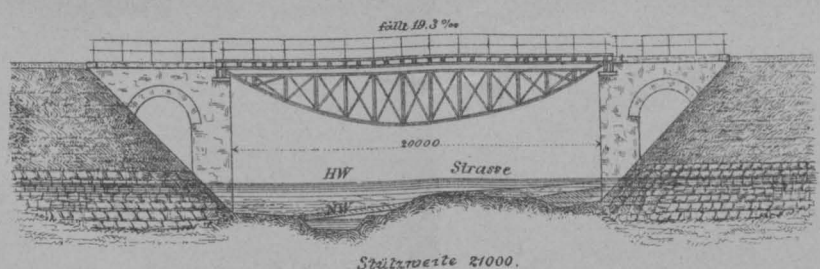
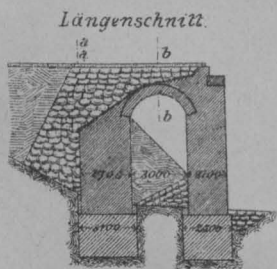


Niettheilung im Untergurt.

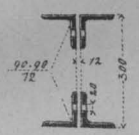


LOCALBAHN ERBERSDORF-WÜRBENTHAL.

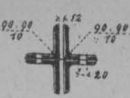
Kunauer Brücke.



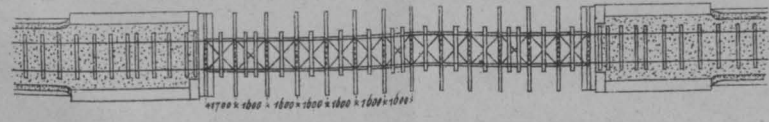
Obergurt.



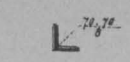
Untergurt.



Erbersdorf



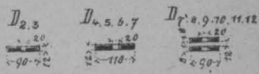
Quer- u. Horiz-Verband.



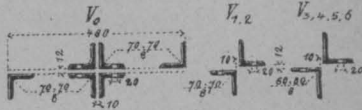
Materialvertheilung

Obergurt	0250	0300	0350	0400	0450	0500	0550	0600	0650	0700	0750	0800	0850	0900	0950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	4300	4350	4400	4450	4500	4550	4600	4650	4700	4750	4800	4850	4900	4950	5000	5050	5100	5150	5200	5250	5300	5350	5400	5450	5500	5550	5600	5650	5700	5750	5800	5850	5900	5950	6000	6050	6100	6150	6200	6250	6300	6350	6400	6450	6500	6550	6600	6650	6700	6750	6800	6850	6900	6950	7000	7050	7100	7150	7200	7250	7300	7350	7400	7450	7500	7550	7600	7650	7700	7750	7800	7850	7900	7950	8000	8050	8100	8150	8200	8250	8300	8350	8400	8450	8500	8550	8600	8650	8700	8750	8800	8850	8900	8950	9000	9050	9100	9150	9200	9250	9300	9350	9400	9450	9500	9550	9600	9650	9700	9750	9800	9850	9900	9950	10000
Untergurt	0250	0300	0350	0400	0450	0500	0550	0600	0650	0700	0750	0800	0850	0900	0950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	4300	4350	4400	4450	4500	4550	4600	4650	4700	4750	4800	4850	4900	4950	5000	5050	5100	5150	5200	5250	5300	5350	5400	5450	5500	5550	5600	5650	5700	5750	5800	5850	5900	5950	6000	6050	6100	6150	6200	6250	6300	6350	6400	6450	6500	6550	6600	6650	6700	6750	6800	6850	6900	6950	7000	7050	7100	7150	7200	7250	7300	7350	7400	7450	7500	7550	7600	7650	7700	7750	7800	7850	7900	7950	8000	8050	8100	8150	8200	8250	8300	8350	8400	8450	8500	8550	8600	8650	8700	8750	8800	8850	8900	8950	9000	9050	9100	9150	9200	9250	9300	9350	9400	9450	9500	9550	9600	9650	9700	9750	9800	9850	9900	9950	10000

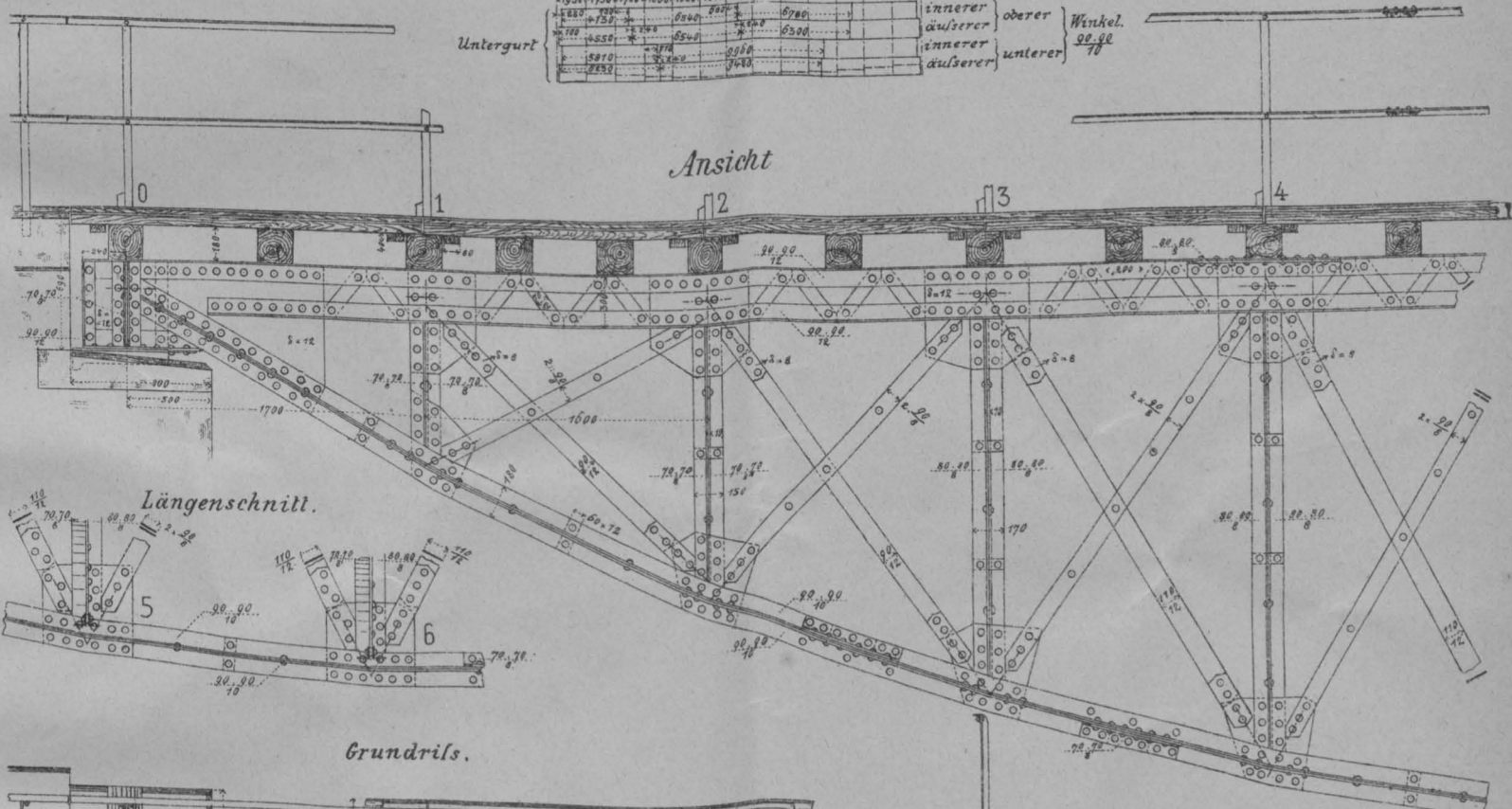
Diagonalen.



Vertikalen.



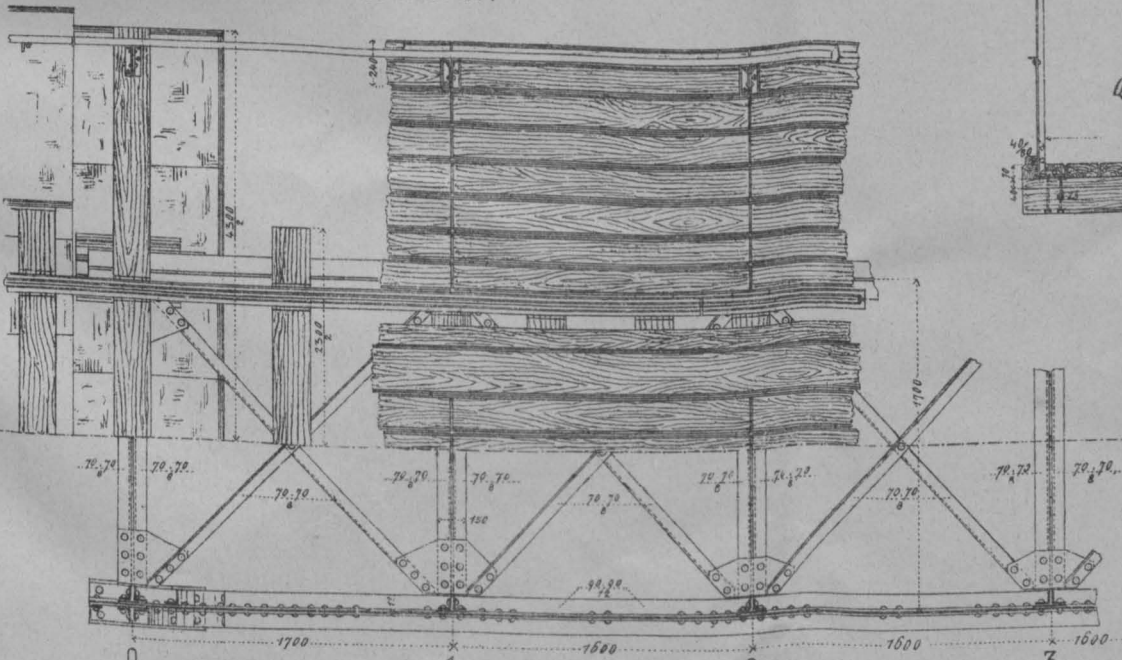
Ansicht



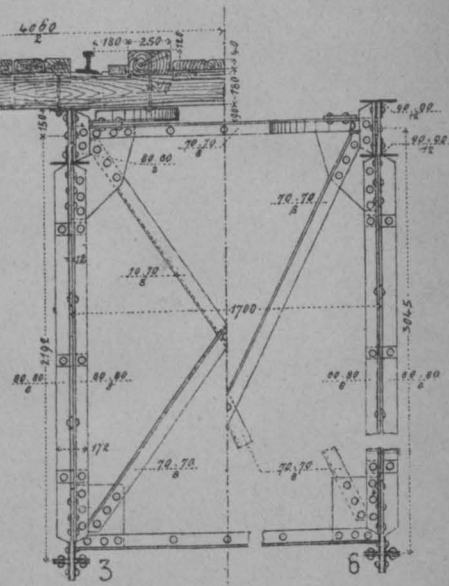
Längenschnitt.



Grundriss.



Querschnitte.

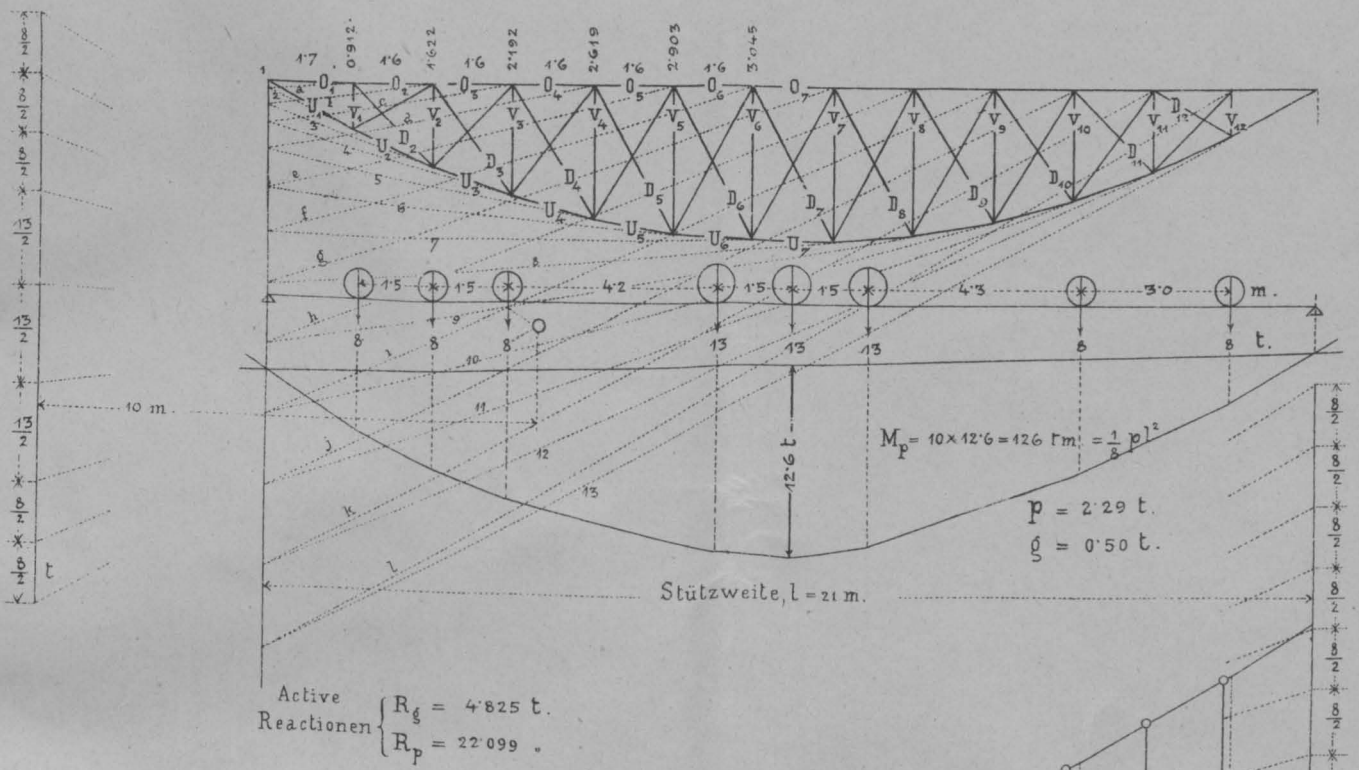


Horizontalschnitt.

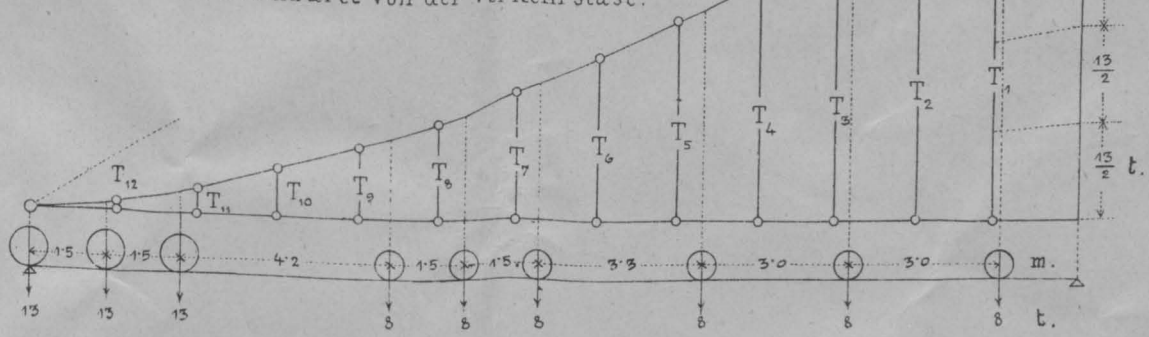
Maßstab 1:400 und 1:40.
Maße in Millimeter.

KUNAUER-BRÜCKE.

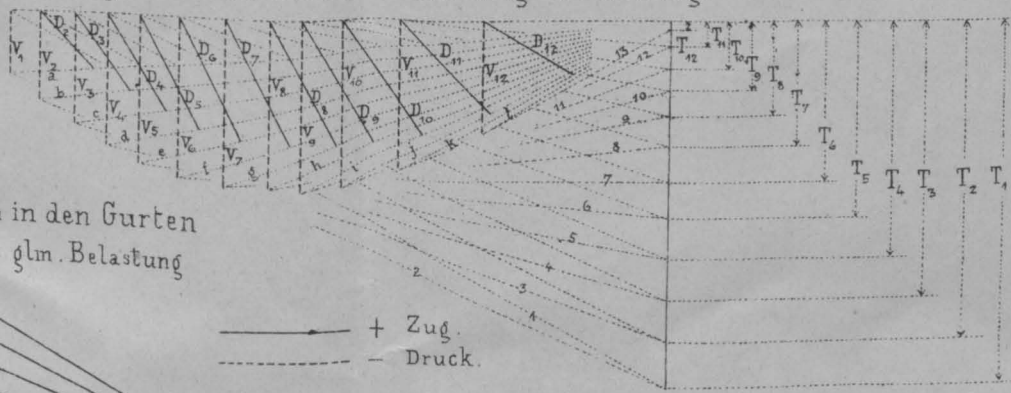
Grafische Rechnung.



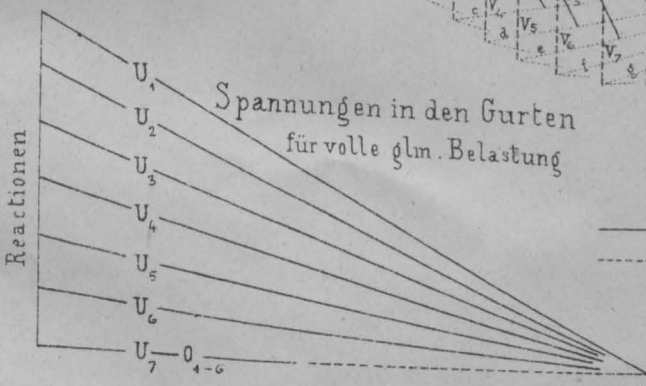
Maximal-Transversalkräfte von der Verkehrslast.



Spannungen im Fachwerk für einseitige Belastung.



Spannungen in den Gurten für volle glm. Belastung

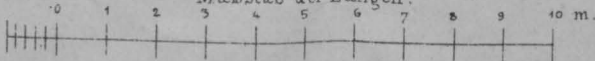


Maßstäbe der Kräfte

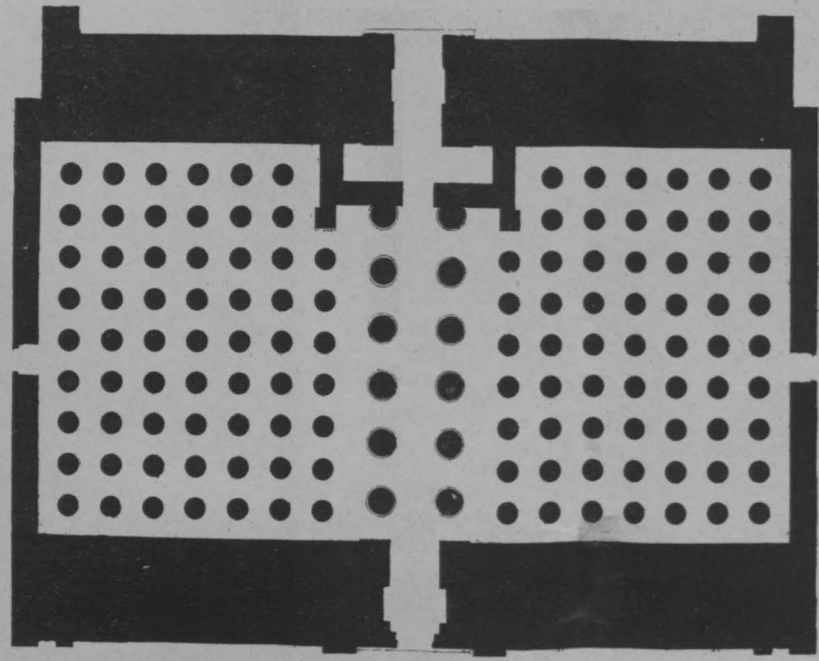
für das Eigengewicht.

für die Verkehrslast.

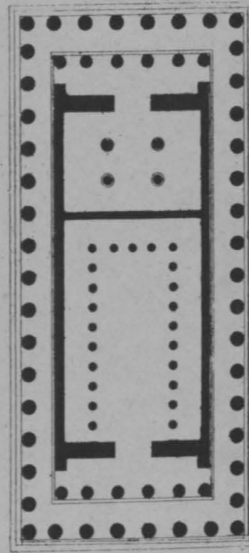
Maßstab der Längen.



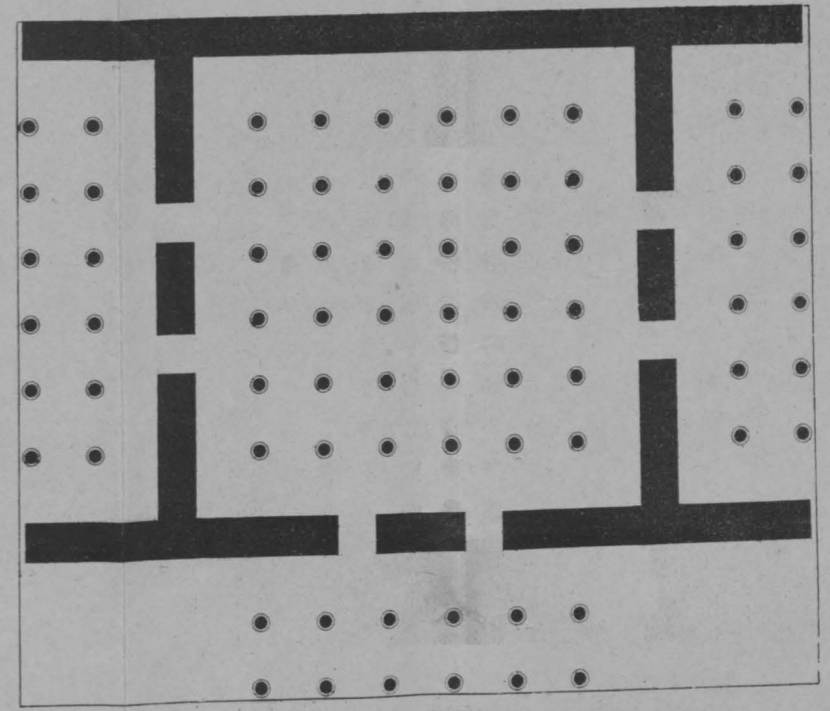
DER EINFLUSS DER CONSTRUCTION AUF DIE ENTWICKLUNG DER BAUSTYLE.



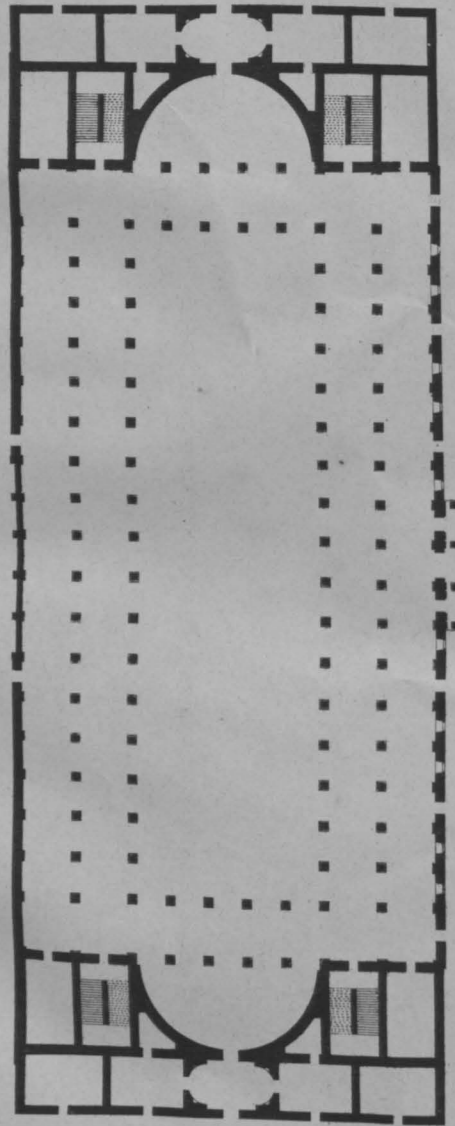
Karnak. Hypostiler Saal. um 1500 v. Chr.



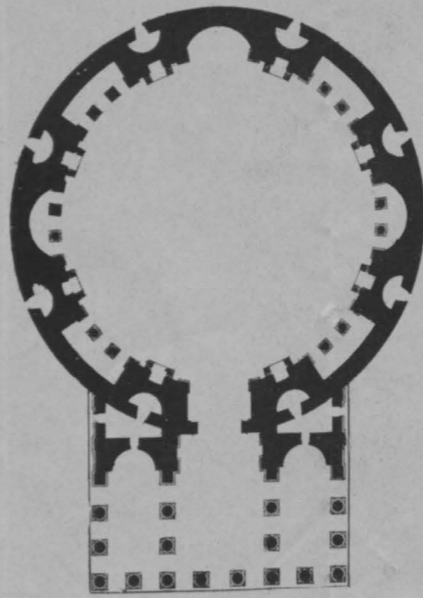
Parthenon 440 v. Chr.



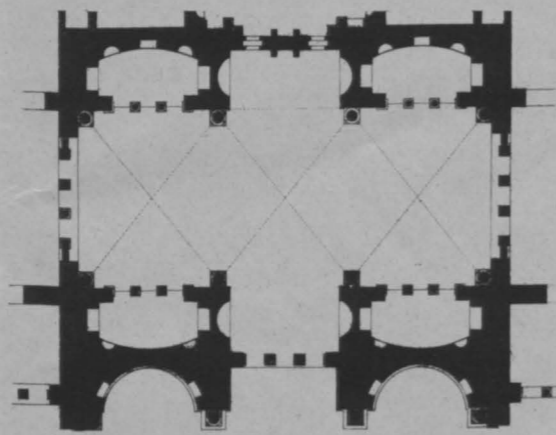
Persepolis. Halle des Xerxes. um 480 v. Chr.



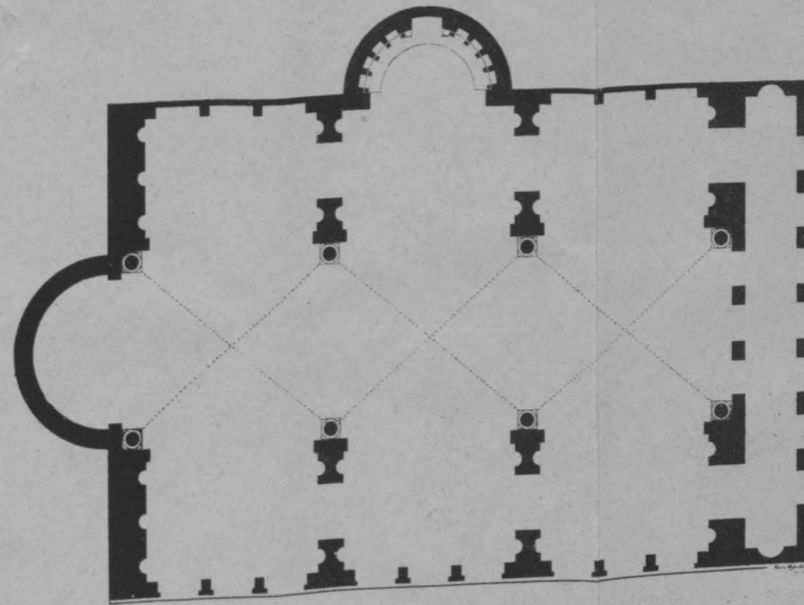
Basilika Ulpia. 110 n. Chr.



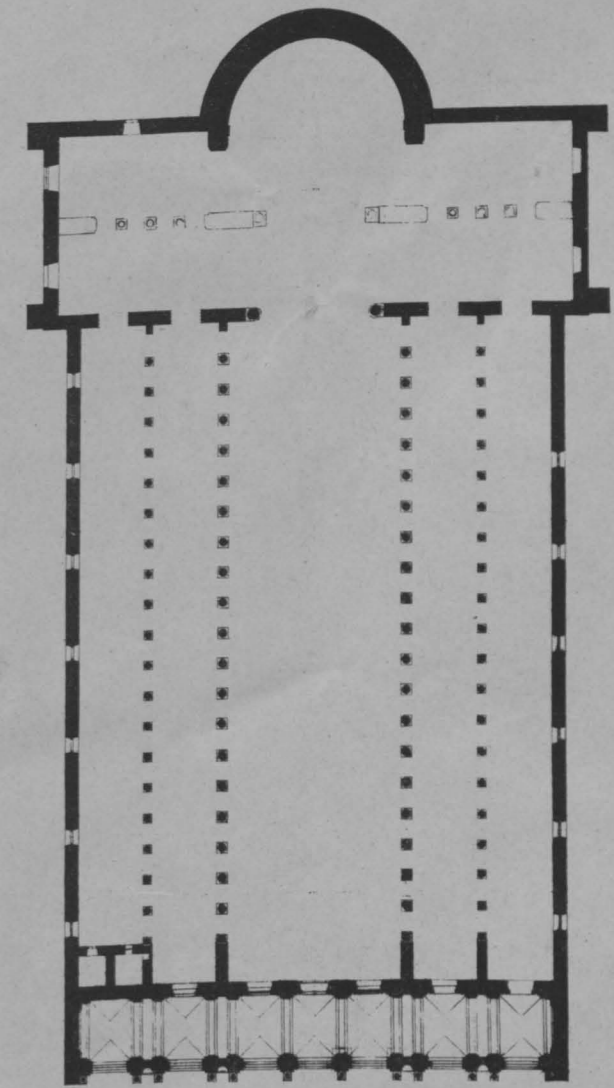
Pantheon 27 v. Chr.



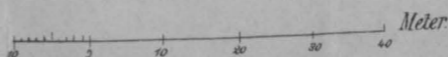
212-230 n. Chr.
Nystus a. d. Thermen d. Caracalla.



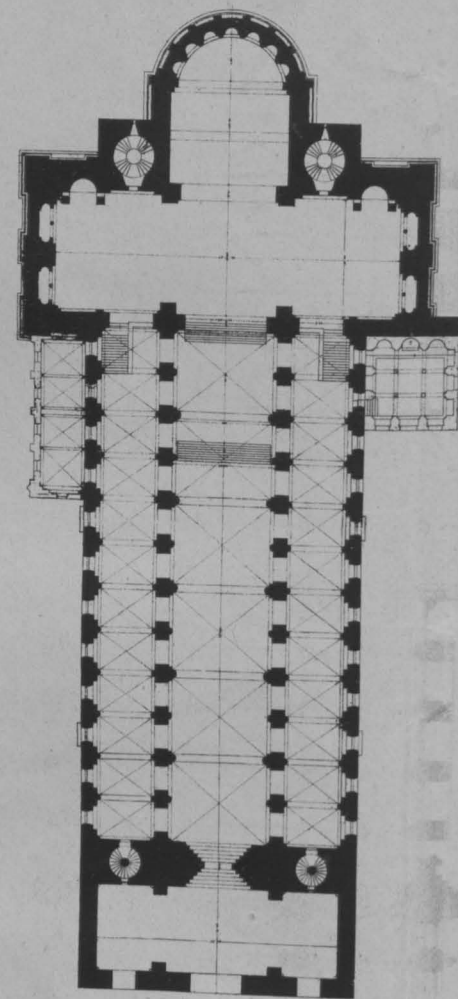
Basilika des Maxentius. 312-324 n. Chr.



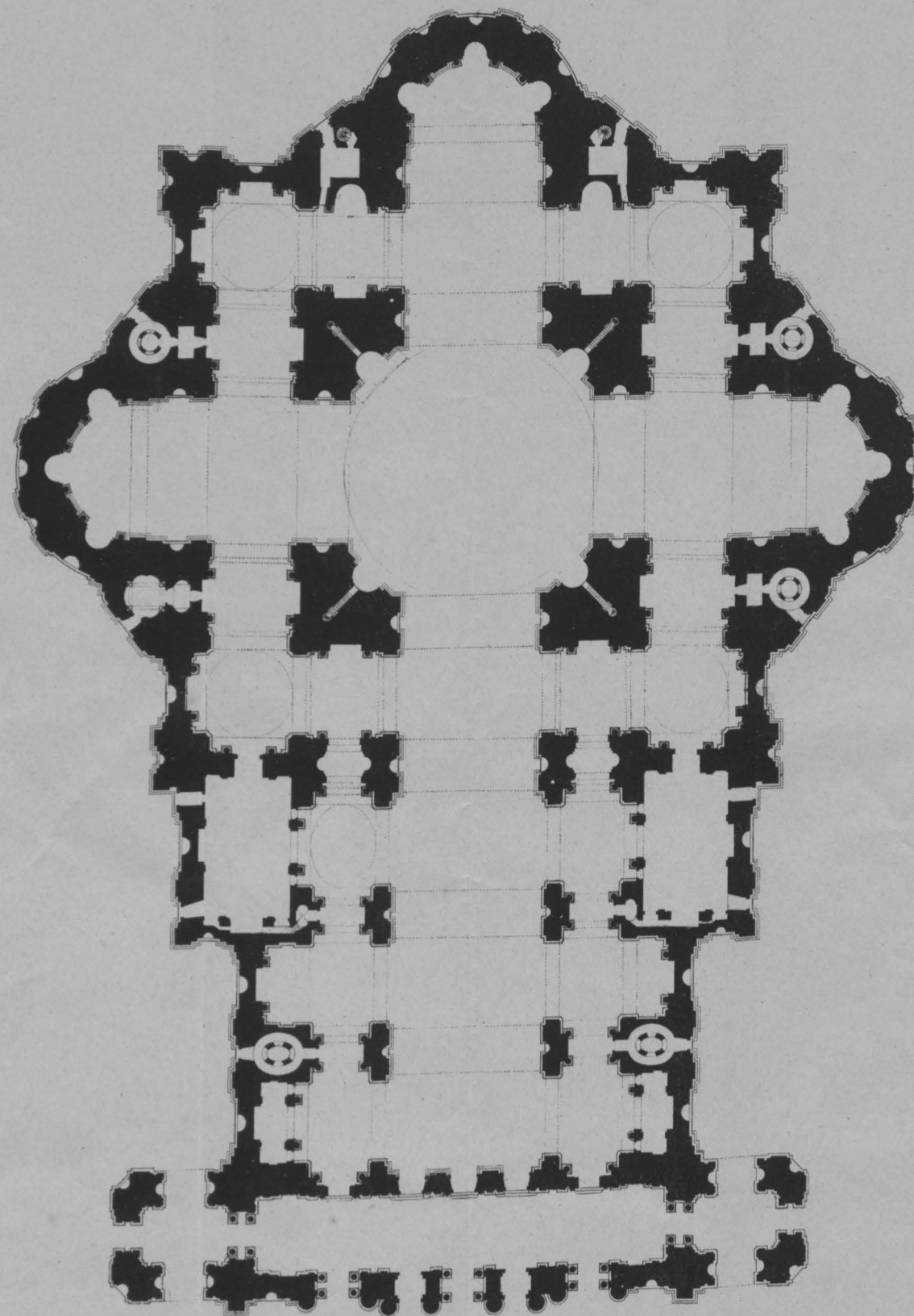
Basilika St. Paolo 386 n. Chr.



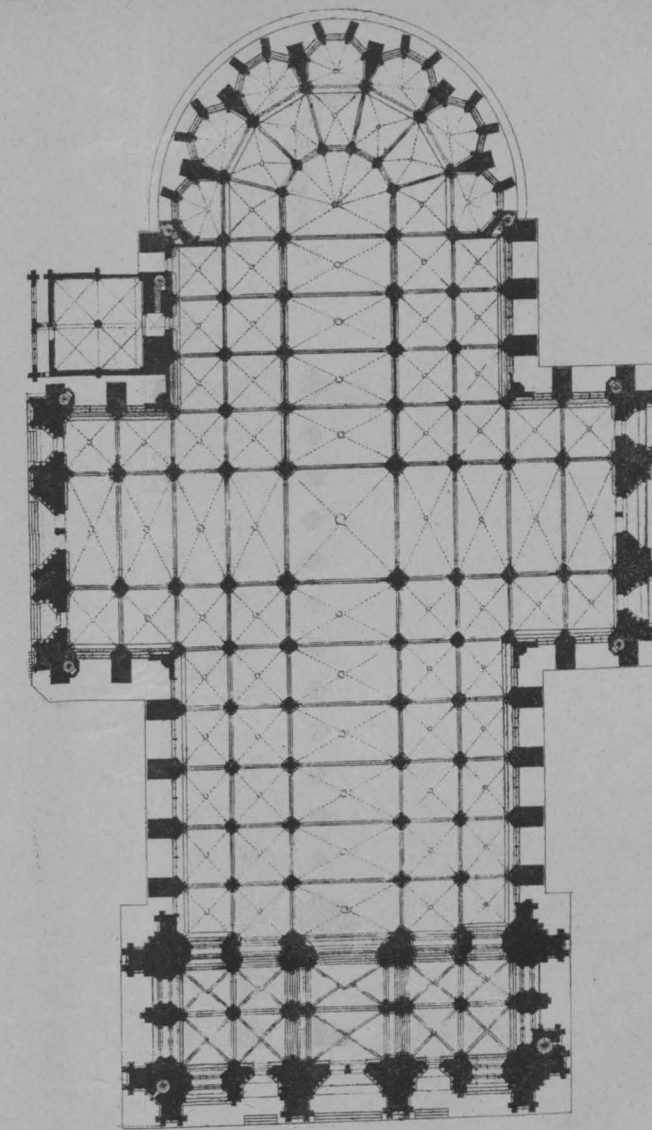
DER EINFLUSS DER CONSTRUCTION AUF DIE ENTWICKLUNG DER BAUSTYLE.



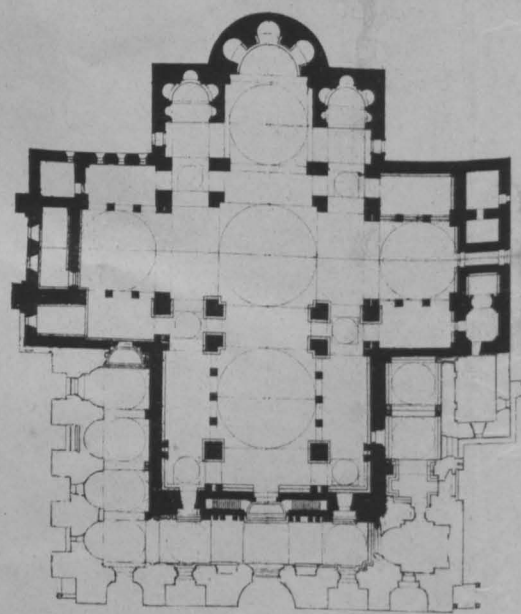
Dom zu Speyer, 1024



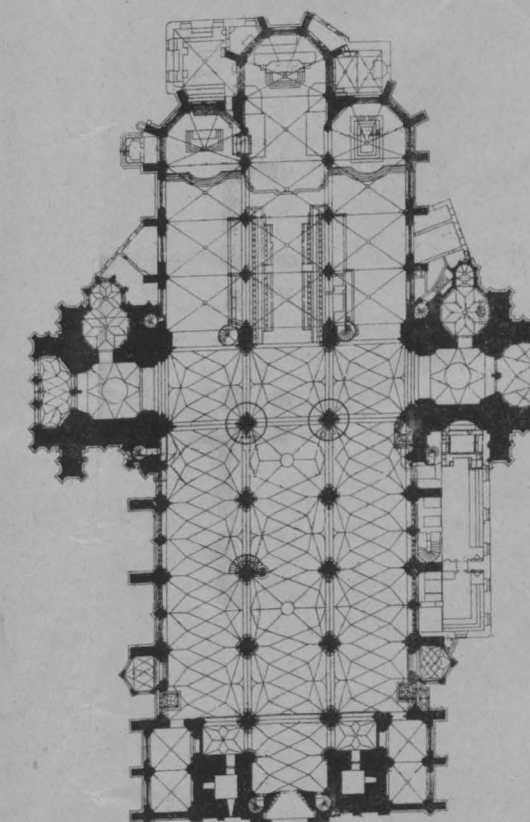
S^t Peter, 1506-1626.



Dom zu Cöln, 1248



Markuskirche, 1043-1085.



Wien, S^t Stefan, 1340-1359.

