

FÜNFTES KAPITEL.

Vom scheinrechten Bogen und dem ebenen Gewölbe.

§. 92.

Ein Gewölbebogen, dessen Leibungsfläche eine horizontale oder eine geneigte Ebene ist, heisst ein scheinrechter Bogen.

Wenn die relative Festigkeit der Steine gross genug wäre, um beträchtlicheren Lasten hinreichend widerstehen zu können, im Fall die Steine nur an den beiden Enden unterstützt sind, so wäre die zweckmässigste Konstruktion des scheinrechten Bogens die, denselben aus einem einzigen Stein herzustellen, welcher nur an seinen Enden gehörig unterstützt zu werden brauchte. Allein die Erfahrung lehrt, dass diese Konstruktion für die Dauer nicht die hinreichende Sicherheit gewährt.

Nur bei Thür- oder Fensteröffnungen und bei Verwendung eines harten quarzreichen Sandsteins kann man den scheinrechten Bogen aus einem einzigen Stein konstruieren. Es muss aber alsdann dieser Stein mit einem Entlastungsbogen versehen werden, welcher die Last des über dem scheinrechten Bogen befindlichen Mauerwerks aufnimmt und dieselbe den Stützpunkten zuführt. Dieser Entlastungsbogen darf nicht sogleich untermauert werden, wenn derselbe einen reellen Nutzen gewähren soll; weil jeder belastete Bogen einem bald mehr, bald weniger beträchtlichen Setzen unterworfen ist, wodurch der Last Gelegenheit gegeben wird, mit ihrer ganzen Kraft auf den scheinrechten Bogen zu wirken, wenn die Untermauerung des Entlastungsbogens zu früh erfolgt ist, daher darf die Untermauerung desselben nicht eher erfolgen, bis ein gehöriges Setzen des Mauerwerks statt gefunden hat. Auch muss man dafür sorgen, dass die beiden Enden des Steins ein Auflager von 25—30 cm Länge wenigstens erhalten und dass dieselben gut eingefügt werden. Diese Vorsicht ist sehr wichtig, weil es erwiesen ist, dass ein fester Körper, welcher an beiden Enden fest eingemauert ist, eine doppelt so grosse Last zu tragen im Stande ist, als wenn er frei auf seinen Stützen liegt.

Wenn aber ein scheinrechter Bogen, welcher aus einem einzigen Stein konstruirt worden ist, nicht mit einem Entlastungsbogen versehen wird, so dass das Mauerwerk über dem scheinrechten Bogen unmittelbar auf demselben ruht, so findet sicherlich nach einiger Zeit ein Brechen des Sandsteins statt, wenn die Höhe des Mauerwerks über demselben beträchtlich ist.

Derselbe Fall tritt ein, wenn man die Sohlbank einer Fensteröffnung aus einem einzigen Stein konstruirt und dessen Enden in die Fensterpfeiler gut einmauert. Die grössere Masse der Fensterpfeiler ist hier einem bedeutenderen Setzen unterworfen, als die Masse der Fensterbrüstung zwischen den Fensterpfeilern, und es wirkt deshalb die Masse der Fensterpfeiler auf Zerbrechen des Steins, wenn man nicht die Vorsicht gebraucht, die Sohlbank dann erst zu untermauern, nachdem ein völliges Setzen des Mauerwerks statt gefunden hat.

§. 93.

Da der scheinrechte Bogen nicht immer aus einem einzigen Stein angefertigt werden kann, so sieht man sich gewöhnlich genöthigt, denselben aus mehreren Steinen in der Art zu konstruieren, dass der eine dem andern als Widerlager diene. Zu dem Ende ordnet man den scheinrechten Bogen in der Weise an, dass der normale Querschnitt desselben, so wie auch der eines jeden Steins ein Trapez bildet, dessen obere Parallele grösser als die untere ist. Dies ist nothwendig, damit kein Gewölbstein zwischen den anderen Steinen hindurchgleiten kann.

Um den Fugenschnitten eine schickliche Richtung zu geben, richtet man die Fugen des Hauptes entweder auf einen und denselben Punkt *c* Fig. 284 Taf. XXI, welcher die Spitze eines über der lichten Weite *ab* konstruirten gleichseitigen Dreiecks *abc* ist, oder man lässt diese Fugen in verschiedenen Punkten sich schneiden. Das erstere Princip ist jedoch gebräuchlicher und zugleich auch zweckmässiger, als das letztere. Es ist nicht nothwendig, dass das Dreieck *abc* stets gleichseitig sei, denn gute Gründe erheischen zuweilen, dass man dem Fugenschnitt eine weniger schräge Richtung gebe, als das gleichseitige Dreieck zulässt. In diesem Falle macht man das Dreieck *abc* gleichschenkelig, gewöhnlich in der Weise, dass die Höhe *oc* des Dreiecks der Grundlinie *ab* gleich werde.

Die Anzahl der Steine des scheinrechten Bogens richtet sich zum Theil nach der lichten Weite desselben, zum Theil aber auch nach der Grösse der Steine, welche man zur Verfügung hat. Wie gross, oder wie klein aber auch die lichte Weite des Bogens sein mag, oder wie gross die Steine sein mögen, aus denen der Bogen konstruirt werden soll, in jedem Falle muss die Anzahl der Steine ungerade sein, damit die Mitte des scheinrechten Bogens von einem Schlussstein eingenommen werde. Eine Fuge in der Mitte anzuordnen, wäre fehlerhaft, denn die Festigkeit des Bogens würde dadurch bedeutend verringert werden.

§. 94.

Die untere horizontale Lagerfuge der beiden äussersten Steine *A* und *B* Fig. 284 darf nicht in der Richtung der geraden Linie *ab* sich befinden, da sonst in den Punkten *a* und *b* zu spitze Winkel entstehen würden, durch welche die Steine *A* und *B* an dieser Stelle zu sehr geschwächt würden. Aus diesem Grunde legt man die Lagerfugen *nm* und *qp* um so viel niedriger als nöthig ist, um für die Steine *A* und *B* an dieser Stelle eine hinreichende Stärke zu erhalten. Der Stein *A* hat alsdann die Form, welche Fig. 285 zeigt.

Von dem Schlussstein *C*, dessen Form die Fig. 286 zeigt, ist noch zu bemerken, dass derselbe zuletzt bearbeitet wird, nachdem die übrigen Gewölbsteine bereits verlegt sind. In der Ausführung versetzt man nämlich die erforderlichen Bogensteine in der Reihenfolge, dass an beiden Widerlagen zu gleicher Zeit begonnen, und der Schlussstein zuletzt versetzt wird. Mit welcher Sorgfalt auch der Arbeiter bei der Verzeichnung, Bearbeitung und Legung der Steine zu Werke gegangen sein mag, immerhin wird der für den Schlussstein übrig bleibende Raum nie vollkommen mit dem Konstruktionsrisse übereinstimmen. Deshalb wartet man mit der Bearbeitung des Schlusssteins so lange, bis alle übrigen Steine versetzt sind und nimmt dann an Ort und Stelle das Mass für den Schlussstein. Damit aber derselbe die Fugen der übrigen Steine fest zusammendrücke, wird er so gross bearbeitet, dass er nur mit Mühe zwischen die übrigen Steine eingebracht und mittelst der Handramme behutsam und mit Vorsicht eingetrieben werden kann.

§. 95.

Fig. 287 zeigt eine andere Konstruktion des scheinrechten Bogens. Zur Beseitigung der spitzen Winkel sind die Lagerfugen hier in der Weise gebrochen, dass sie auf der Ebene der innern Wölbung, so wie auch auf der Ebene des horizontalen Rückens normal stehen. Die Fig. 288 zeigt die Form des Anfängers *D*.

In Fig. 289 ist die Konstruktion dieselbe, mit dem Unterschiede jedoch, dass zur Verminderung der lichten Spannweite die beiden Anfänger nicht bündig auf den Widerlagsmauern liegen, sondern zum Theil überkragen, welche Anordnung sehr zweckmässig ist.

§. 96.

Unter allen Gewölben ohne Ausnahme übt das scheinrechte Gewölbe den grössten Schub gegen die Widerlager aus, weshalb die letzteren zur Stärke $\frac{2}{3}$ der lichten Weite erhalten. Dergleichen starke Widerlager können aber nicht immer und nicht überall angebracht werden, daher sah man sich genöthigt, den Schub des scheinrechten Bogens gegen die Widerlager durch künstliche Verbindungen zu vermindern oder wohl gar ganz aufzuheben. Diese Verbindungen sind in den Fig. 290 bis 294 dargestellt.

In Fig. 290 sind gerade Dübel oder Dollen *a, a, a* auf der einen Seite des Bogens angeordnet, welche senkrecht zur Richtung der Lagerfugen in den Stein eingegossen werden, auf der andern Seite des Bogens sind S-förmige Klammern *b, b, b* angeordnet, welche entgegengesetzte Haken haben. Die Dübel können entweder von hartem Holz angefertigt werden, welches man durch Anbrennen dauerhafter macht, oder sie können von Kupfer sein. Die S dagegen werden nur aus Eisen oder aus Kupfer angefertigt. Die Dübel ersetzt man auch wohl durch Trageisen *ab* Fig. 291. Dergleichen Trageisen werden doppelt nach paralleler Richtung in

einiger Entfernung von einander auf die hohe Kante gelegt, unter dem scheinrechten Bogen angebracht.

Diese Trageisen werden in Nuthen gelegt, welches so tief in die Gewölbesteine eingearbeitet werden müssen, als das Trageisen hoch ist. Das Trageisen hat an jedem Ende eine Oese, durch welche Anker *cd* und *ef* geschoben werden, welche so lang sind, dass sie durch mehrere Steinschichten hindurchgehen. Die Anker verhindern das Einbiegen der Trageisen, und diese verhindern das Senken des scheinrechten Bogens. Anstatt der Anker *cd* und *ef* kann man auch Platten von Gusseisen anbringen, durch welche beide Trageisen hindurchgehen; vorgeschobene Splinte verhindern das Trennen der Platten vom Trageisen.

Eine andere Verbindung zeigt Fig. 292. Das Trageisen ist hier auf den Rücken des Gewölbebogens gelegt, um die Steine vermittelst der T-förmigen Hängeeisen tragen zu können. Die Hängeeisen haben oben eine Oese, durch welche das Trageisen hindurchgeht.

Die Anordnung zweier Trageisen über einander zeigen Fig. 293 und Fig. 294. Durch diese Verbindung wird der scheinrechte Bogen in einen Körper verwandelt, welcher nur eines festen Auflagers bedarf; einen Horizontalschub gegen die Widerlager kann derselbe kaum ausüben.

§. 97.

Häufig erfordert das horizontale und das lothrechte Princip der Struktur eines Bauwerkes, dass die schrägen concentrischen Fugenschnitte eines scheinrechten Bogens äusserlich nicht wahrgenommen werden dürfen. In diesem Falle ordnet man in der äusseren Ansicht lothrechte Fugen an, welche aber nicht durch die ganze Dicke des Bogens hindurch gehen, sondern nur 10–15 cm Breite haben. Zwischen diesen lothrechten Fugen befinden sich die eigentlichen Lagerfugen.

Die Fig. 298, 299 und 300 Taf. XXII zeigen diese Konstruktion; Fig. 298 nämlich die Ansicht des scheinrechten Bogens von vorn, Fig. 299 den lothrechten Längendurchschnitt und Fig. 300 den Grundriss desselben von oben angesehen.

Fig. 301 zeigt die Konstruktion des Schlusssteins, Fig. 302 und Fig. 303 die des Steins zur Seite des Schlusssteins, Fig. 304 und Fig. 305 die des zweiten Steins neben dem Schlussstein, und Fig. 306 zeigt die Konstruktion des Anfängers.

In Frankreich wird der scheinrechte Bogen häufig mit sogenannten Verkröpfungen ausgeführt, wie die Fig. 307 und 308 zeigen. Fig. 307 stellt den Längendurchschnitt und Fig. 308 den Grundriss dieses scheinrechten Bogens vor, denselben von oben angesehen. Die Verkröpfung ist entweder auf den Hauptern sichtbar oder sie ist nur im Innern des Bogens angebracht. Der Schlussstein erhält keine Verkröpfung, indem er sonst seinem Zweck durchaus nicht entsprechen würde. Es kann nicht in Abrede gestellt werden, dass dergleichen Verkröpfungen die Lagerung der Steine hinreichend sichern; dagegen verhindert die Verkröpfung

die innige Verbindung der einzelnen Steine unter einander ausserordentlich, indem der Arbeiter die gebrochene Ebene der Verkröpfung nicht so scharf und so akkurat darzustellen vermag, wie dies bei der nicht gebrochenen Ebene der Fall ist. Aus diesem Grunde sind diese Verkröpfungen zu verwerfen.

In Fig. 309 und Fig. 310 haben wir den Stein neben dem Anfänger in der schiefen Projektion dargestellt, und zwar Fig. 309 mit der Ansicht der Verkröpfung, Fig. 310 aber mit der Ansicht der Nuthen.

§. 98.

Die ebenen Gewölbe werden so angeordnet, dass die verschiedenen Steinschichten derselben immer parallel sind mit den Seiten der Mauern, welche als Widerlager dienen. Wenn daher ein Gewölbe von dieser Art über einem Raume erbaut wird, welcher im Grundrisse ein beliebiges „Eck“ bildet, so werden die inneren Leibungskanten der Lagerfugen im Grundrisse ebenfalls „Ecke“ bilden, welche unter sich und der ganzen Figur ähnlich sind.

Sollte aber ein kreisförmiger Raum mit einem ebenen Gewölbe überdeckt werden, so würden die inneren Leibungskanten der Lagerfugen concentrische Kreise beschreiben, zwischen welchen die verschiedenen Steinschichten ringsherum laufen, und der Schlussstein würde die Form des abgekürzten Kegels haben. Das Princip der Struktur des ebenen Gewölbes ist im Allgemeinen dasselbe wie beim Kuppelgewölbe, mit dem Unterschiede nur, dass die horizontalen ringsherum laufenden Steinschichten nicht in verschiedenen Ebenen über einander, sondern alle in einerlei Ebene sich befinden.

§. 99.

Fig. 295 ist der Grundriss eines ebenen Gewölbes über einem quadratischen Raume und Fig. 296 der normale Querschnitt desselben nach der Linie *A'B'* des Grundrisses. Um dies Gewölbe zu konstruieren, setzt man zunächst den Querschnitt Fig. 296 fest, zieht alsdann im Grundrisse die Diagonalen *a'b'* und *c'd'*, und projicirt die Punkte *e''*, *n''*, *m''* und *o''* auf die Diagonale *a'b'* nach *e'*, *n'*, *m'* und *o'*. Hierauf konstruirt man aus diesen Punkten zwischen den sich kreuzenden Diagonalen gerade Linien parallel mit den Mauersteinen, welche als Widerlager dienen, dadurch ergeben sich alle jene Quadrate, zwischen welchen die horizontalen Steinschichten sich befinden.

Die Stossfugen werden so angeordnet, dass ein guter Verband hervorgehe und dass in den Diagonalen, wo zwei verschiedene Steinschichten sich begegnen, keine Fuge komme. — Die Fig. 296 sei zugleich noch der Querschnitt eines ebenen Gewölbes, dessen Konstruktion Fig. 297 im Grundriss zeigt. Da dergleichen ebene Gewölbe aussergewöhnliche starke Widerlager erfordern, wendet man sie nur selten an, und auch nur bei kleineren Räumen. Grosse Räume mit ebenen Gewölben überwölben zu wollen, würde jedenfalls sehr gewagt sein.

SECHSTES KAPITEL.

Von den Klostergewölben.

§. 100.

Das Klostergewölbe entsteht aus der Durchdringung zweier Tonnengewölbe, welche gleiche Höhe haben; es besteht aus vier cylindrischen Wangenstücken, die sich mit geraden Kämpferlinien an die Umfassungsmauern anschliessen und hier ihr Widerlager finden. Alle vier Umfassungsmauern sind sonach Widerlagsmauern, an denen die Kämpferlinie zusammenhängend fortläuft.

Die beiden Tonnengewölbe schneiden sich in krummen Linien, welche Grate genannt werden.

Beim Klostergewölbe tritt die scharfe Kante des Grates nach aussen, während innerhalb vertiefte Kehlen sichtbar sind. Die Form des Grates hängt von der Form der sich schneidenden Gewölbfächen und von der Lage der Achsen beider Gewölbtheile ab.

Ringleb, Steinschnitt.

Ist die Form und die Lage zweier cylindrischen Flächen gegeben, so ist nothwendigerweise auch die Form ihrer Durchschnittslinie gegeben, und ist umgekehrt die Form der Durchschnittslinie zweier cylindrischen Flächen gegeben und die Lage ihrer Achsen, so ist auch die Form der beiden cylindrischen Flächen hierdurch völlig bestimmt. Wenn daher bei gleichen Höhen die lichten Weiten der sich schneidenden Tonnengewölbe einander gleich sind, so sind auch die Grundbögen (Normalschnitte) dieser Gewölbe einander gleich. Sind hingegen die lichten Weiten ungleich, so sind die Grundbögen beider Gewölbe ungleich. Ist die eine ein Halbkreis, so hat die andere die Form einer Ellipse.

Von den zwei Grundbögen der Tonnengewölbe kann die eine beliebig gegeben sein, die andere hängt alsdann von der ersten, so wie noch von der Bedingung ab, dass der Grundriss der Durchschnittslinie beider Gewölbfächen in die Diagonale des Rechtecks