

KONSTRUKTION UND BAUAUSFÜHRUNG

MASSIV-, EISENBETON-, EISEN- UND HOLZBAU

SCHRIFTLEITUNG: REG.-BAUMEISTER a. D. FRITZ EISELEN

Alle Rechte vorbehalten. — Für nicht verlangte Beiträge keine Gewähr.

Bauschäden am Ulmer Münster.

Von Münsterbaumeister Karl Wachter in Ulm.



o, wie bei allen größeren Domen, mußten auch am Ulmer Münster die Bauarbeiten durch die seit Kriegsausbruch eingetretenen Verhältnisse fast völlig ruhen. In welcher Weise aber ein Bauwerk Schaden leidet, wenn es Jahre lang sich selbst überlassen bleibt, ohne daß man ihm die notwendige bauliche Unterhaltung an-

gedeihen lassen kann, zeigt heute das Ulmer Münster. Die Folgen machen sich in erschreckender Weise bemerkbar.

So ist das Steinwerk am Münster gerade in den letzten 10 Jahren starken Verwitterungen ausgesetzt gewesen.

Neben den Zerstörungen durch die allgemeinen Witterungseinflüsse ist es hauptsächlich die den

Rauchgasen entstammende schweflige Säure, die dem Bauwerk schadet. Außerdem sind Beschädigungen durch das Rosten der die einzelnen Architekturteile mit einander verbindenden eisernen Dübel dadurch eingetreten, daß die Steine durch den Rost auseinandergetrieben werden.

Die Folge davon ist, daß häufig Steinstücke herabfallen, die zur Gefahr für den Verkehr um das Münster besonders an Markttagen werden.

Zur Verhütung von Unglücksfällen sind schon des öfteren beschädigte Architekturteile, soweit sie leicht erreichbar waren, abgenommen bzw. abgestoßen worden. Außerdem mußte um den Chor herum und entlang der Nordseite des Münsters eine Abschränkung angebracht werden, weil dort die Zerstörungen am stärksten aufgetreten sind.

Gründliche Abhilfe kann aber nur geschaffen



Abb. 1. Unterstützung eines beschädigten Strebebogens an der Nordseite des Hochschiffes.

werden durch Einrüsten der verschiedenen Bauteile zum Entfernen der schadhaften Steine. Gleichzeitig wird versucht werden, durch geeignete technische Maßnahmen die von der schwefligen Säure des Steinkohlenrauchs herrührenden Verwitterungen nach Möglichkeit zu bekämpfen, und damit einem weiteren Fortschreiten dieser Art von Verwitterungen Einhalt zu gebieten.

Eine vollständige Wiederherstellung durch Auswechseln der beschädigten Steine gegen neue, nach heutigen Begriffen wetterbeständigere Steine bleibt nach wie vor eine der Hauptaufgaben für die weitere Erhaltung des Bauwerks.

Die Bedachungen des Münsters sind in einem geradezu trostlosen Zustande. (Vgl. Abb. 2, hierunter.) Das erst vor 30 Jahren mit glasierten Tonplatten neu eingedeckte Mittelschiff- und Chordach ist jetzt schon so stark beschädigt, daß es sich nur noch um eine vollständige Neueindeckung dieser Dächer handeln kann. Zum Schutze gegen herabfallende Platten mußte um



Abb. 2. Zustand des Daches des Mittelschiffes.

das Chordach herum eine Bretterschutzwand angebracht werden.

Zur Neueindeckung werden voraussichtlich naturfarbene, handgestrichene Biberschwänze besonderen Formats verwendet werden müssen, um den Dächern im Laufe der Zeit wieder ihr einstiges, an das Mittelalter erinnerndes Aussehen zu geben.

Auch die mit Kupferrauten eingedeckten Seitenschiffdächer sind so schadhafte, daß sie den Regen durchlassen, so daß das Wasser an den Wänden herunter in das Innere der Kirche läuft. Ein teilweises Ausbessern genügt nicht mehr; es ist vielmehr ein Umdecken der ganzen Dachflächen mit den vorhandenen Rauten notwendig.

Die im Laufe der Jahre eingetretenen konstruktiven Veränderungen zeigen sich besonders am Hauptturm und am Strebewerk. Zu ihrer Beurteilung sind vorsorglicherweise schon vor einigen Jahren die nötigen Maßnahmen getroffen worden, die eine Messung und Beobachtung dieser Veränderungen ermöglichen.

Schon seit einigen Jahren wird bemerkt, daß am oberen Teil des Achtecks, am Viereck und an den Fundamenten des Hauptturms Veränderungen vor sich

gehen, die jedenfalls zum Teil zweifellos auf den Einfluß heftiger Stürme und Erdbebenerschütterungen, möglicherweise aber auch auf Veränderungen im Baugrund zurückzuführen sind. Diese Veränderungen, die in Bildung von Rissen und Sprüngen im Mauerwerk und in Setzungen und Verschiebungen an nordöstlichen Turmpfeiler in Erscheinung treten, weisen darauf hin, daß die beim Ausbau des Hauptturms vorgenommenen Verstärkungen des Vierecks und der Turmfundamente jetzt nicht mehr in der beabsichtigten Weise zur Wirkung kommen, wie dies tatsächlich zu Anfang der Fall gewesen ist.

Am Strebewerk haben sich auf der Nordseite einige Strebebogen vom Hochschiff losgelöst und die Strebepfeiler verschoben. Einer der Strebebogen mußte mit einem starken Holzgerüst unterfangen werden, um dessen Einsturz zu verhindern. (Vgl. Abb. 1, S. 105.)

Auch die figürliche Plastik des Münsters



Abb. 3. Zustand einer abgenommenen Fiale.

hat durch die Verwitterung stark notgelitten. Eine Abformung dieser aus dem 15. Jahrhundert stammenden Plastik ist schon im Interesse der Kunstwissenschaft dringend geboten, bevor sie durch weitere Zerstörung zu Grunde geht. Erst neulich ist der Kopf des Christuskindes von der Madonna über dem Hauptportal abgefallen. (Den Zustand einer abgenommenen Fiale zeigt Abb. 2, hierüber.)

So zeigen sich überall am Münster die Symptome des bereits eintretenden Verfalls. Das Münster, das vor seinem Ausbau vier Jahrhunderte hindurch Wind und Wetter getrotzt hat, ist heute nach seinem Ausbau den elementaren Einflüssen in bedeutend gesteigertem Maße ausgesetzt, nicht nur durch die bei seinem Ausbau in reichster Architektur und kühnster Konstruktion neu hinzugetretenen Steinmassen, sondern besonders auch durch die schädlichen Einflüsse der erst in neuerer Zeit aufgetretenen Durchsetzung der Atmosphäre mit Steinkohlenrauch.

Zu seiner Erhaltung ist das Münster, wie alle größeren Dome, auch fernerhin auf eine fortwährende bauliche Pflege angewiesen. Es ist darum eine ständige Bauhütte notwendig, zu kleinem anderen Zweck, als um die immerfort auftretenden

Schäden auszubessern und den konstruktiven Aufbau des Münsters zu überwachen.

Es kann gesagt werden, daß es heute noch möglich sein wird, mit einem Stamm von 20 bis 30 Leuten und einem jährlichen Aufwand von 150 000 M. im Verlauf von etwa 10 Jahren der vorhandenen Schäden Herr zu werden. Ganz anders aber läge der Fall, wenn zu Folge mangelnder Einsicht die Ausbesserungsarbeiten noch auf weitere 5 bis 10 Jahre verschoben werden sollten. Denn dann würden wir das Münster in einem Zustand antreffen, der Hunderte von Arbeitern zur Behebung der angewachsenen Schäden erfordern

würde und damit Bausummen, die einfach nicht mehr aufzubringen wären.

Die heutigen Verhältnisse ermöglichen es aber den Ulmern nicht mehr wie in früheren Zeiten, für die Erhaltung ihres Münsters allein aufzukommen. Als eines der bedeutungsvollsten Kulturdenkmale in deutschen Landen ist es vielmehr zu seiner Erhaltung auf die Mithilfe des ganzen deutschen Volkes angewiesen, das — treu der Überlieferung seiner Vorfahren — es sich zur Ehre anrechnen muß, dafür zu sorgen, daß das Ulmer Münster der Nachwelt in würdigem Zustande übergeben werden kann. —

Der Hauptturm des Münsters in Ulm.

Von Oberbaurat a. D. Wundt in Stuttgart



it einer Anzahl seiner Schwesterkirchen wie Straßburg, Köln, Regensburg, dem schwäbischen Eßlingen u. a. teilt das Münster in Ulm die leidige Notwendigkeit, von Zeit zu Zeit die öffentliche Hilfe zur Beseitigung seiner Baugebrechen anrufen zu müssen. Auch jetzt wieder und dringend! Im Jahre 1492, also 115 Jahre nach seinem Baubeginn, meldet die Sebastian

helm IV. von Preußen unterstützt —, zum erstenmal der Gedanke des Ausbaues des Turmes auf, der nimmer ruhte, bis im Jahre 1880 eine hohe Kommission zur Beratung der damit zusammenhängenden Arbeiten berufen wurde. Die Kommission bestand unter dem Vorsitz von Oberbaurat v. Egle aus den Gotikern Adler-Berlin, Ferstel-Wien, Funk, F. Schmidt-Wien; ferner aus Bauschinger-München und Laißle-Stuttgart. Damit treten wir in den

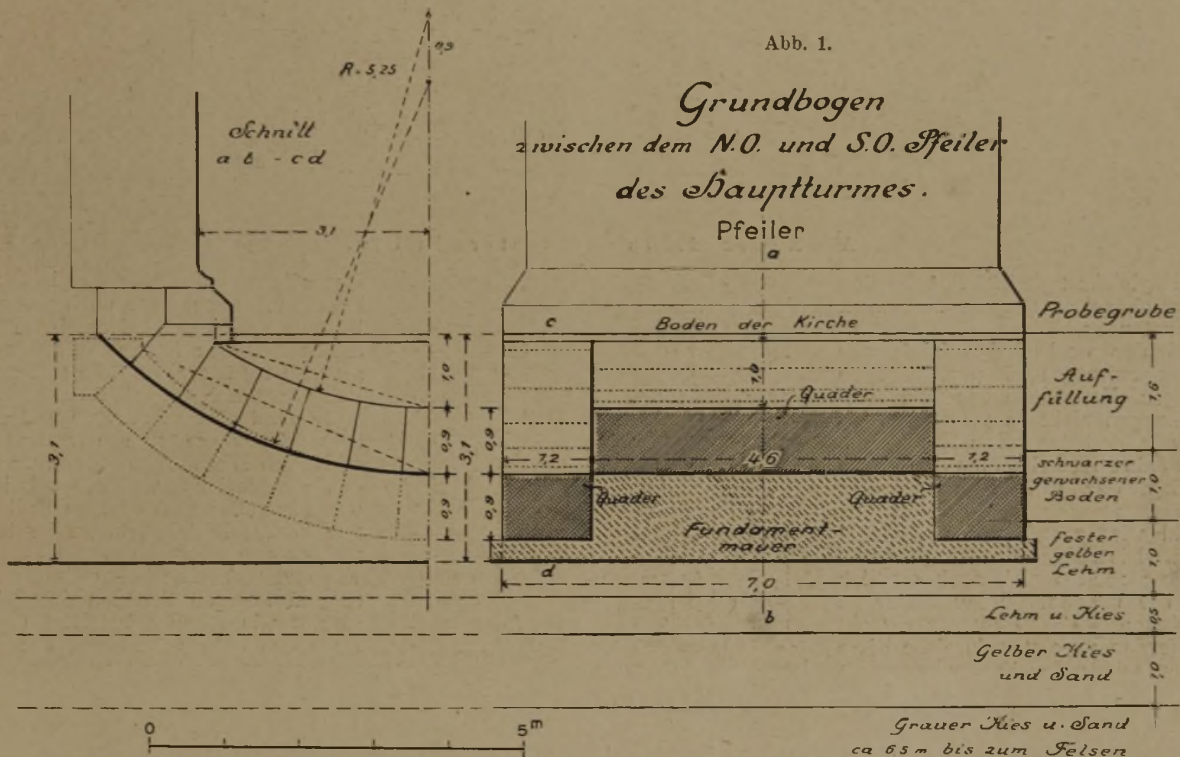


Abb. 1.

Fischer'sche Chronik, daß an einem Sonntag im Beisein der Mutter des Chronisten große Steine polternd aus dem Gewölbe des Turmes herabgestürzt seien. Darob große Entrüstung des hohen Rates und Volkes derart, daß der damalige Baumeister Böblinger fliehen mußte und in Gefahr war, aus dem Stadtgebiet verbannt zu werden. Doch schon 1494 finden wir sein Meisterzeichen wieder auf dem Kranz des Turmvierecks, woraus zu schließen, daß der Frieden wieder hergestellt war.

Im Jahr 1493 bittet Ulm den Rat von Eßlingen um fünf erprobte Steinmetzen, „nachdem am Turm an unserer lieben Frauen Kirchen merkliche Bruch entstanden sein“. Im Jahr 1494 kommt die letzte Kunde von einer „Unterföhrung“ (Fundament-Verstärkung) der Arkadenbogen am alten Münster, offenbar infolge weiterer Bewegungen. So geht es fort durch die Jahre. Dann schlief der Münsterbau während der unruhigen Zeiten der Reformation und des 30jährigen Krieges. Turm und Kirche blieben aller Vernachlässigung, allen Unbilden der Witterung ausgesetzt, dem Verfall preisgegeben, bis ums Jahr 1838 der Gedanke einer Wiederherstellung wieder erwachte. Unter den Münsterbaumeistern Thrän und Scheu wurden zahlreiche Ausbesserungen und Ergänzungen vorgenommen, unter letzterem auch die beiden Chortürme und die Verstrebungen des Mittelschiffs vollendet.

Im Jahre 1865 tauchte — von Prof. Mauch und Haßler betrieben, von König Karl und von König Friedrich Wil-

eigentlichen Gegenstand unserer Betrachtung ein, die sich aber nur auf den Hauptturm beziehen soll, da von dessen Bestand das Geschick des ganzen Baues abhängt und die oberirdischen Schäden, die an sich schon zwar sehr bedeutend sind, aber doch — wenn nur die Mittel vorhanden! — leichter beseitigt werden können. (Wir verweisen dazu auf das Gesamtbild Abb. 4, S. 109, und den Gesamtgrundriß des Münsters Abb. 2, S. 108, ferner den Teilgrundriß des Turmes Abb. 3, S. 108.)

Hier handelt es sich in erster Linie um die Untergrund- und Fundamentverhältnisse. Wir entnehmen darüber das Nähere in der Hauptsache dem Bericht des Münster-Baumeisters Beyer im Jahre 1882*).

Der Untergrund ist nach dem vom Münster-Baumeister Scheu in der Vorhalle des Turmes gemachten Probegruben nicht schlecht. Er besteht vom Boden der Kirche ab nach Abb. 1, hierüber, aus.

Auffüllung bis 1,6 m, darunter schwarzer gewachsener Boden 1,0 m, fester gelber Lehm 1,0 m, Lehm und Kies 0,5 m, gelber Kies und Sand 1,0 m, zuletzt Kies und Sand bis zur Gesamttiefe von 6,35 m. Das Grundwasser findet sich erst in etwa 10 m unter dem Boden der Kirche. (März 1920.)

Einzelne der Turmfundamente gehen nicht tiefer als 2,70 m bis zum gelben Lehm, die größte Tiefe der Funda-

*) Münster-Blätter. Heft 3/4, 1883. Ulm bei J. Ebner. —

mente beträgt 4,5 m auf dem Kies. Die einzelnen tiefer gegründeten Stellen stammen meist aus späterer Zeit von Engelbert. Der größte Teil der Fundamente der ursprünglichen Anlage geht nur in den gelben Lehm und es gehört, wie Beyer sich ausdrückt, eine auffallende Sorglosigkeit dazu, bei einem solch kolossalen Bauwerke, wie dieser Turm, sich mit diesem Baugrund zu begnügen. Das Aufsetzen in dieser wohl festen, aber verhältnismäßig dünnen Schicht von Lehm, während eine weniger tragbare unmittelbar darunter liegt, aber eine starke tragbare (der feste Kies) in geringer Tiefe gleich darauf folgt, widerspricht einer alten Gründungsregel. Das Fundament-Mauerwerk selbst, aus Backsteinen, Bruchsteinen und Quadern bestehend, wurde als genügend, der Mörtel als gut erfunden, abgesehen von

für das nordwestliche Viertel 4853 cbm
für das nordöstliche Viertel 4076 cbm
Es stellt sich hiernach die Belastung unter dem Nord-Ost-Pfeiler mit Ausnahme von 2100 kg/cbm vor nach dem Ausbau des Turmes auf 9,47 kg/qcm
dem Nord-West-Pfeiler 6,96 kg/qcm

8,06 kg/qcm
Es ist dabei nur die lotrechte Belastung berechnet, ohne Berücksichtigung etwaiger Seitenkräfte. Die größeren Zahlen sind natürlich ganz unannehmbar. Für die kleineren (seitherigen) trat folgende Überlegung bei der Kommission ein:

Daß in einem Zeitraum von 400 Jahren eine merkliche Bewegung des Turmes nicht stattgefunden hat, beweist, daß der Hauptturm auf gutem Baugrund steht und daß

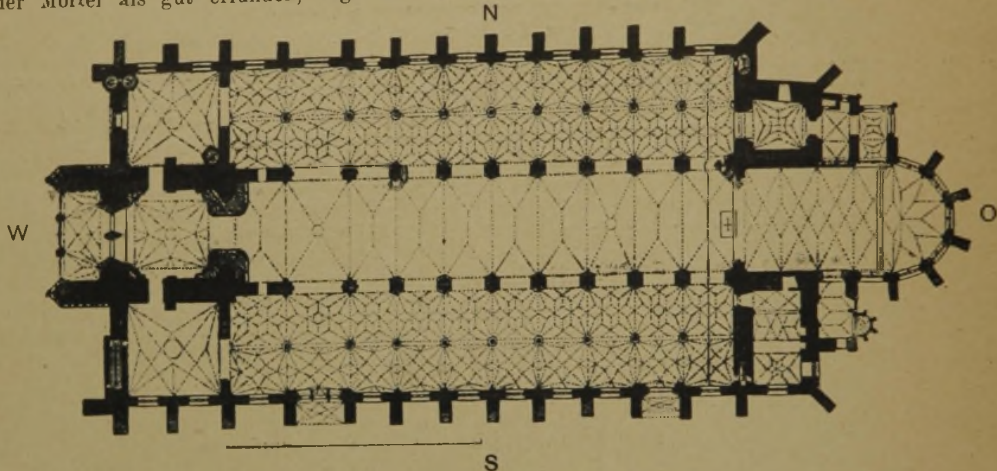


Abb. 2. Grundriß des Münsters in Ulm.

ihrer Ungleichartigkeit. Das Pfeilermauerwerk selbst war an sich nicht zu beanstanden.

Bei der wechselnden Tiefenlage der Fundamente sind ungleichartige Setzungen, Verschiebungen und Ausquetschungen nicht zu vermeiden. Es ist schade, daß das ganze Fundament, das im Jahre 1882 rings um die Kirche bloßgelegt war, nicht genau zeichnerisch aufgenommen wurde. Nun muß es wohl wieder aufs neu aufgedeckt werden. Die Folgen der mangelhaften Gründung zeigten sich auch deutlich schon der zur Beurteilung berufenen Kommission. Der Hauptturm steht nach Norden geneigt, zahlreiche Risse am Turm wie in den Fundamenten, im Zusammenhang damit im nördlichen Seitenschiff, waren zu sehen. Der nordöstliche und südöstliche Turmpfeiler (vgl. Abb. 3, hierüber) fanden sich ganz ungenügend gegründet. Unter diesen mißlichen Umständen wurde beschlossen, eine Verstärkung der östlichen Turmfundamente, Verbindung des nordöstlichen und südöstlichen Pfeilers durch einen dreiteiligen, in bestem Granit aufzuführenden Kontrebogen von je 0,9 m Stärke*.) (Vgl. Abb. 1, S. 107.)

Der Münsterbaumeister Beyer hatte einen einheitlichen Bogen über das ganze Fundament von 7,5 m Breite und 1,8 m Stärke in Sandstein vorgeschlagen. Weiter wurden Verstärkungen der unteren und oberen Turmgewölbe, Einbau zu großer Fenster- und Toröffnungen zur Verteilung der Turmlast angeordnet. Auch von der Ausführung der starken Strebebögen, die die hohen Mittelschiffmauern, die bei Winddruck außerordentlich starke Schwankungen von Nord nach Süd zeigten, gegen die Seitenschiffwände versteifen sollten, versprach man sich gute Wirkungen für die Standfestigkeit des Turms.

Noch sind die Grundbelastungen, die sich aus den Berechnungen ergeben, anzuführen. Die Steinmasse des Turmes wurde von drei verschiedenen Rechnern zu verschiedenen Zeiten ermittelt — ohne erhebliche Unterschiede — und zwar ergaben sich:

* Vgl. Münster-Blätter Heft 3/4, S. 145. Ulm bei J. Ebner. Die Maße der Zeichnung sind einer Skizze Beyers entnommen.

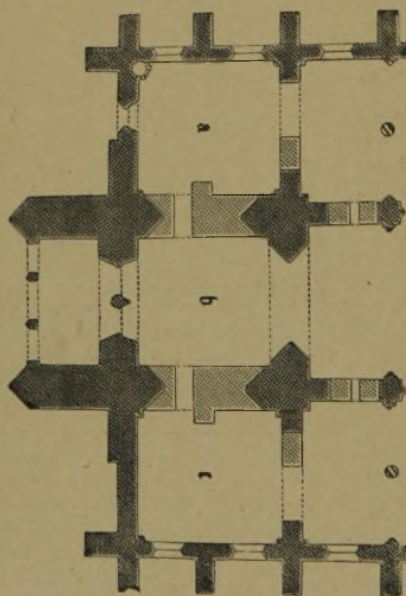


Abb. 3. Grundriß des Hauptturms.
a) nördliches Seitenschiff, b) Turmhalle,
c) südliches Seitenschiff.

dieser Baugrund vollkommen im Stande ist, die bisherige, wenn auch große Belastung zu tragen. Man hätte also die bestehenden Fundamente nur derart zu vergrößern, daß die seitherigen Belastungszahlen beibehalten sind. Auf Grund dieser Annahme und Überlegungen wurde nun der Bau beschlossen: Die Turm-Fundamente wurden entsprechend verbreitert (nicht vertieft). Der dreiteilige Erdbogen (ein breites Mittelstück, zwei schmale Seitenbögen, letztere tiefer liegend, als ersteres) eingebaut, die umfangreichen äußeren Schäden der Kirche so gut wie möglich beseitigt und zu Ende des Jahres 1890 war der Helm auf dem großen Turm mit der Kreuzblume in 161 m Höhe über dem Kirchplatz aufgesetzt, alles von Beyer in musterhafter, solider Weise durchgeführt. Damit schließt diese Wiederherstellungsperiode des Münsterbaus zu Ende der 80er Jahre. Man hatte aber leider mehr auf den Helm des Riesen gesehen als auf sein Untergerüst!

Wir geben uns noch Rechenschaft über die Zulässigkeit der bezüglich der Turmfundamente von der Kommission gemachten Angaben und gelangen dabei zu wirklichen Widersprüchen.

1. Die Annahme der überhöhen Grundbelastung von rd. 9,5—7 kg/qcm soll zulässig sein, weil der Turm 400 Jahre unbeschädigt gestanden habe. Der Turm war aber schon im Jahre 1880 nicht intakt: er stand gegen Norden geneigt, hatte Risse im Fundament und den Seitenflächen, was doch wohl alles auf die Bewegungen in der ungenügenden Unterlage zu schieben ist.

2. Die an sich schon für den Turmstumpf von 80 m Höhe zu große Belastung auf den fertigen Turm von 160 m Höhe, wenn auch mit verstärkten, aber nicht vertieften Fundamenten zu übertragen, ist sehr bedenklich. Es sind die elastischen Schwingungen infolge des Winddrucks und der Windstöße nicht berücksichtigt, die bei den Seitenschiffen schon „besorgniserregend“ waren, bei der 160 m hohen Turmsäule gewiß ganz bedeutend sein werden.

Die geplanten Fein-Beobachtungen werden dies ausweisen. Auch Erdbebenwirkungen sind zu berücksich-

tigen. Es lassen sich diese Kräfte rechnerisch nur schwer erfassen. Es kann sich aber darum handeln, für sie einen höheren Grad von Sicherheit in der Konstruktion einzusetzen.

3. Die Annahme des — gegen den Antrag von Beyer — (nur „daß das vorhandene Fundament so-

illusorisch und die Bewegung der Kräfte im Untergrund jeder Beurteilung entzogen ist. Es können jetzt sogar die oben als unannehmbar bezeichneten Bodendrucke von $11,4-8,1 \text{ kg/qcm}$ oder größere eintreten, was bei weiterem Springen der Bögen eine unbestrittene, recht üble Wirkung haben müßte. Eine statische Berechnung der Grundbogen



Abb. 4. Blick gegen den Hauptturm des Ulmer Münsters.

viel als möglich erhalten bleibt^{*)} — ausgeführten dreifach geteilten Bodengewölbes ist sehr bedenklich. Was ist davon zu befürchten? Wir denken, der Turm hat schon selbst die Antwort auf diese Frage gegeben: Das östliche Bodengewölbe ist zunächst in einem dünnen Riß gesprungen und wir stehen vor der Tatsache, daß die vorausgesetzte gleichmäßige Grundbelastung

liegt nicht vor. Ob der Bruch des Bogens auf einen ungleichmäßigen Eintritt der Belastung zurückzuführen ist, läßt sich nicht feststellen.

Wenn wir diese leidigen Tatsachen hier so offen darlegen, so möchte vor allem der Eindruck vermieden werden, als sollte die ausgezeichneten Männer der Umbauzeit irgend ein Vorwurf treffen. In keiner Weise! Die hervorragenden Techniker der Prüfungskommission haben

^{*)} Vgl. Münster-Blätter Heft 3/4, S. 163. —

unseren Münsterbaumeister Beyer aufs beste beraten, dieser aber hat sein gewaltiges Werk mit einer Ausdauer, Tatkraft und Sachkenntnis in einer Weise durchgeführt, der nur die höchste Anerkennung gerecht werden kann. Ihre Entschlüsse und Maßregeln, wenn sie auch nicht immer unseren Meinungen entsprechen, sind doch aus dem Geist der damaligen Zeit und dem technischen Stand derselben, als verständlich zu würdigen. Die letzten Jahrzehnte haben gerade in der Gründungskunde so viele neue und treffliche Methoden der Berechnung, Planung und Ausführung gebracht, daß die frühere Art und Weise meist gänzlich verlassen werden muß. Hohe Ehre also gebührt trotzdem allem den Alten, insbesondere unserem Beyer!

Wir kommen nun zu der Frage: Was ist zu tun? Auf den technischen Teil der Sache soll hier natürlich nicht näher eingegangen werden. Mancherlei Voruntersuchungen sind hierzu noch zu erledigen, außerdem wird unser Herr Münsterbaumeister Wachter die technischen Fragen gewiß in außerordentlich gründlicher Weise planen und durchführen. Eine Kommission hervorragender Männer wird ihm, wie man hört, zur Seite stehen. Den vielen Fragern nach der Zukunft also nur folgende kleine Andeutung, die aber natürlich noch mancherlei Änderung zuläßt:

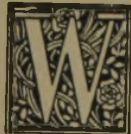
Man könnte an den Bauvorgang von Straßburg, der überhaupt mit unseren Ulmer Verhältnissen viele Ähnlichkeit hat, denken. Nachdem das Turmgewölbe durch ein hohes Holzgerüst abgefangen war, wurde dort der Turmpfeiler mit einem Betonmantel umgeben und durch dessen Haftfestigkeit sowie auch stählerne Eingriffe in den Pfeiler in der Höhe erhalten. Der Mantel war seinerseits mit vier seitlichen Betonfüßen auf ein Ringfundament mittelst eiserner Druck-Pressen abgestützt. Auf diese Weise war es möglich, das unter dem Pfeiler befindliche alte Fundament zu entfernen und durch ein neues, tiefer gehendes zu ersetzen. Diese Methode, von einer ausgezeichneten süddeutschen Baufirma ausgeführt, hat sich vollständig bewährt*).

Im allgemeinen wird man sich an den Grundsatz halten müssen: sofern nach Maßgabe der Untersuchung nicht bedeutendere Umbauten, wie Tieferlegung der Fundamente u. ä. nötig werden, sind diese jedenfalls in festem Zusammenhang durch Umschließen mit einer Eisenbetonkonstruktion rechnungsmäßig zu verstärken, um die Fundamente zu verbreitern. In Verbindung damit Verfestigung der alten Fundamente durch Einpressen von Zementmörtel unter hohem Druck; sodann Umbau des Erdbogens zwischen dem nordöstlichen und südöstlichen Turmpfeiler oder je nach Befund:

Ersatz derselben durch eine tieferegehende Eisenbetonkonstruktion.

Die Bedeutung des Gewölbe-Spreizverfahrens für den Bau schiefer Gewölbebrücken.

Von Baurat Paul Gödel, berat. Ing. in Leipzig.



ürden schiefe Brücken nicht sowohl in der Ausführung, als auch in ihrem Kräftespiel bedeutende Nachteile geraden Brücken gegenüber aufweisen, so würde sicher die große Mehrzahl der kleineren Brücken in schiefer Form ausgeführt. Zwingt doch die gerade Ausführung der Brücken in den meisten Fällen entweder zur Abweichung von der vorteilhaften, zwanglosen Linienführung der Verkehrswege, oder aber zur Vergrößerung der Brückenlänge.

Während bei Balkenbrücken der Hauptnachteil in der Verteuerung der Ausführung besteht und infolge der ungleichmäßigen Formänderung nur unbedeutende Nebenspannungen auftreten, verursacht die Schiefheit bei gewölbten Brücken, seien sie auch Dreigelenkbogen, ein nicht leicht zu beurteilendes und nebenbei rechnerisch kaum zu erfassendes Kräftespiel, und bei Belastungsänderungen infolge Verkehrslast, Nachgeben der Widerlager und des Lehrgerüsts, Schwinden des Gewölbebaustoffes und endlich auch durch Temperaturänderungen werden ganz gewaltige Nebenspannungen auftreten. Welcher Art diese Spannungen sind, ist noch nicht einwandfrei festgestellt und wenn sie sich auch durch Vorstellung beurteilen lassen, ein brauchbares Verfahren zu ihrer zahlenmäßigen Erfassung gibt es bis heute nicht und wäre auch infolge der oben angeführten Gründe von zweifelhaftem Werte. An der Richtigkeit der Annahme des Gelehrten de la Cournerie¹⁾, daß nämlich bei richtigem Fugenschnitt die Pressungen im schiefen Gewölbe parallel zu den Stirn-

Zu hüten hat man sich, aus Ersparnis- oder sonstigen Rücksichten auf halbe Maßregeln einzugehen; sie führen bei Bauarbeiten nur immer zu Zuständen, die später recht bedauert und von den Nachkommen zehnfach noch bezahlt werden müssen!

Wir gelangen zum Schluß unserer Darlegungen. Hubert Stier hat 1881, Lübke wenig später einen Aufruf zu Gunsten des Ulmer Münsters veröffentlicht, die beide heute noch schön und beweglich zu lesen sind. Lübke sagt: Es ist keine Frage, daß der Ulmer Turm in seiner Ausführung nicht bloß einen der kühnsten, großartigsten und einheitlichsten Baudenkmalen des Mittelalters, sondern auch eine der schönsten Umrißlinien der an herrlichen Turmsilhouetten so überaus reichen, gotischen Epoche verwirklicht. Zur Erreichung eines solchen Zieles mit-zuhelfen, ist eine der würdigsten Aufgaben für deutschen Patriotismus und Monumentalsinn. Wir zweifeln nicht, daß diese Erkenntnis immer weitere Kreise unseres Volkes ergreifen und zu lebendiger Beteiligung an dem großen Erhaltungswerke anspornen wird. Stier seinerseits ruft die ganze Kunstwelt, insbesondere den „Verband Deutscher Architekten u. Ingenieur-Vereine zur Übernahme eines Projektorats für das Bauwesen auf, welchem Ansinnen der Verband auch durch einen allgemeinen Beschluß, die Arbeiten in Ulm in jeder Weise zu fördern, nachgekommen ist. Diesen gewichtigen Stimmen schließen wir „sit venia parva componere magnis“ unsere schwächere aus voller Überzeugung an. In einer Zeit, wie der heutigen, da die geistige Not der äußeren und inneren Verhältnisse so mächtig auf uns einströmt, in der alles seither Festgeglaubte zu weichen scheint, sind Gedanken, die auf ein Höheres weisen, Gedanken an die Kunst, an den lichten Geistesschwung vergangener Zeiten dringend nötig. Laßt sie uns hegen und pflegen!

Die Besprechung einiger kritischer Punkte im Turmaufbau geschah, wir wiederholen es, nicht zum Tadel der Vorgänger, sondern lediglich in der Absicht, die Notwendigkeit und Dringlichkeit sowie den Umfang eingreifender Ausbesserungen am Bestand des Turmes auch den Fernerstehenden klar zu legen. Mögen die Maßnahmen, die die Stadt Ulm, Land und Regierung Württembergs zur Beschaffung der nötigen Mittel einzuleiten im Begriff stehen, die weiteste Anteilnahme im ganzen Reich finden, damit das Ulmer Münster, nachdem wir in Süddeutschland schon den Straßburger Dom verloren haben, gewiß erhalten bleibe. Die aus allen Teilen Deutschlands so überaus zahlreiche Beteiligung an dem Wettbewerb um Entwürfe zur Bebauung des Münster-Platzes in Ulm mit 478 Vorschlägen darf als ein gutes Vorzeichen für die Zukunft betrachtet werden! —

flächen sich fortpflanzen, wird heute kaum noch Jemand glauben und dürfte wohl nur bei Gewölbe mit reibungslosen Fugen zutreffen. Richtiger ist wohl die Annahme, daß bei einem sehr breiten Gewölbe (Abb. 1, S. 111) der mittlere Teil sich wie bei einem geraden Gewölbe verhalten wird und der Einfluß der Schiefheit nach der Mitte zu immer mehr verschwindet. An den Enden der Gewölbe, also in den dreieckförmigen Gewölbezwickeln, die gewissermaßen als dreieckige Kragplatten des geraden Gewölbe-teiles angesehen werden können, treten große Schubspannungen und auch große Biegungsspannungen quer zur Brückenachse auf. Es ist also klar und C. Busemann²⁾ hat es auch mathematisch nachgewiesen, daß die Spannungen infolge der Schiefheit desto größer werden, je schmaler die Brücke ist. Bei breiten Brücken wird aber eine schiefe Ausführung kaum Vorteile bieten, wird ja die Raumerparnis im Verhältnis zu großen Brückenbreiten nur gering, und die Notwendigkeit einer schiefen Ausführung wird häufig nur bei schmalen Brücken auftreten. Es ist ferner auch ohne weiteres klar, daß die Spannungen infolge Schiefheit der Brücke desto größer werden, je schiefer diese ist.

Aus obiger Überlegung folgt auch, daß die übliche Berechnung der schiefen Brücken in Streifen gleichlaufend mit der Gewölbestirn nicht als einwandfrei angesehen werden kann und dadurch, daß auf diese Weise mit einem ungünstigeren Pfeilverhältnis, also mit einem größeren Horizontalschub gerechnet wird, als wenn die wirkliche senkrechte Entfernung der Widerlager der Berechnung zugrunde gelegt wäre, man nicht dem tatsächlichen Kräftespiel im schiefen Gewölbe näher kommt. Wäre es auch möglich, die Spannungen im schiefen Gewölbe rechnerisch

^{*)} Deutsch. Bauzeitung 1913, S. 198. — Zentral-Bl. d. B. V. 1920 Nr. 37. Nach einer gültigen Notiz von Herrn v. Bach beträgt die Haftfestigkeit zwischen Beton und Quader- bzw. Backsteinmauerwerk 20–30 kg/cm². Damit konnte der Pfeiler unter Anwendung großer Vorsicht mit genügender Sicherheit festgehalten werden. —

¹⁾ C. Busemann: Untersuchungen über die Kräfteverteilung im schiefen Gewölbe. Berlin 1910. Verlag: Zement und Beton. G. m. b. H. —

genau zu ermitteln, so würden die errechneten Spannungen doch nur für den dem Rechnungsverfahren zugrunde gelegten Belastungszustand Gültigkeit haben und die großen Spannungen infolge Belastungsänderungen würden auch in diesem Falle doch eintreten.

Bevor wir die Mittel besprechen, die uns zur Verfügung stehen, um das Auftreten dieser gefährlichen Spannungen zu verhindern, müssen wir noch ausführlicher die Natur dieser Spannungen kennen lernen.

Solange das Gewölbe auf dem Lehrgerüst aufliegt, treten in demselben keine Spannungen ein. Infolge des Ausrüstens treten dagegen im Gewölbe Druckspannungen auf, die eine Verkürzung der Gewölbeachse zur Folge haben. Diese zieht wieder nach sich, daß die Stützlinie im Kämpfer nach unten und im Scheitel nach oben ausweicht, infolge dessen im Gewölbe auch Biegungsspannungen auftreten. Diese Spannungen treten schon im

der Temperatur wirken in gleicher Weise, wie das Entfernen des Lehrgerüsts, und die hervorgerufenen Spannungen summieren sich zu ganz erheblichen Werten. Bei dieser Vielartigkeit und Größe der Nebenspannungen ist es nicht zu verwundern, daß Ausführungen von Gewölben in der gewöhnlichen Weise so häufig mißglücken. So hat bei der oben erwähnten Eckerbrücke außer den geschilderten Deformationen infolge der Biegemomente auch eine Verschiebung der beiden Gewölbeteile entlang eines die ganze Gewölbebreite durchlaufenden Risses um 6 mm infolge der Schubkräfte stattgefunden. Auch bei einer zweiten Brücke bei Vienenburg über die Oker sind, wenn auch in geringem Maße solche Deformationen aufgetreten. Auch bei der Puppenbrücke in Lübeck, einer schiefen Brücke von 31,5 m Stützweite, ist infolge Nachgeben eines Widerlagers ein Einsinken des Scheitels um 45 cm eingetreten²⁾.

Alle drei erwähnten Brücken sind mittels des von

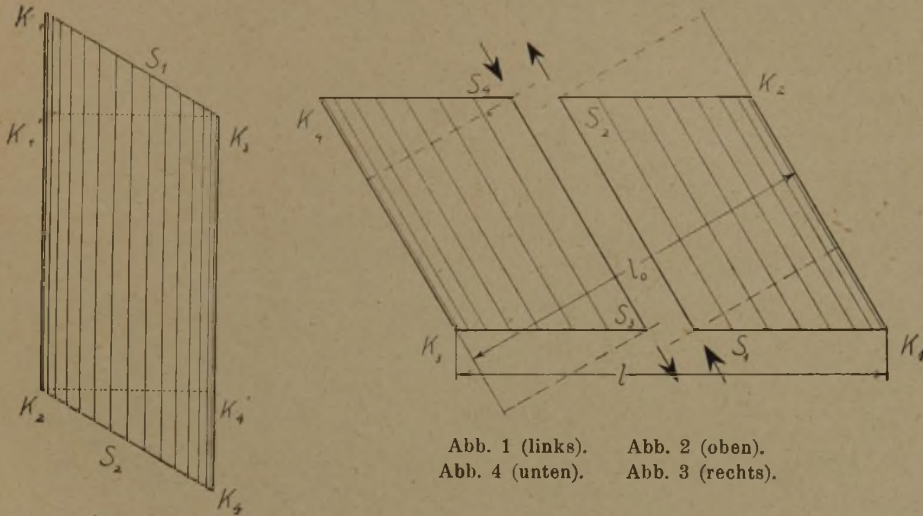


Abb. 1 (links). Abb. 2 (oben).
Abb. 4 (unten). Abb. 3 (rechts).

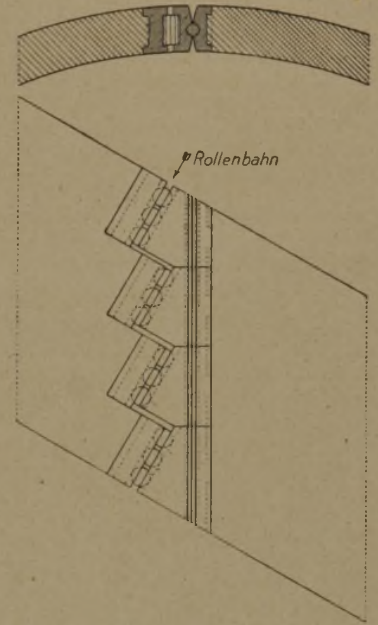
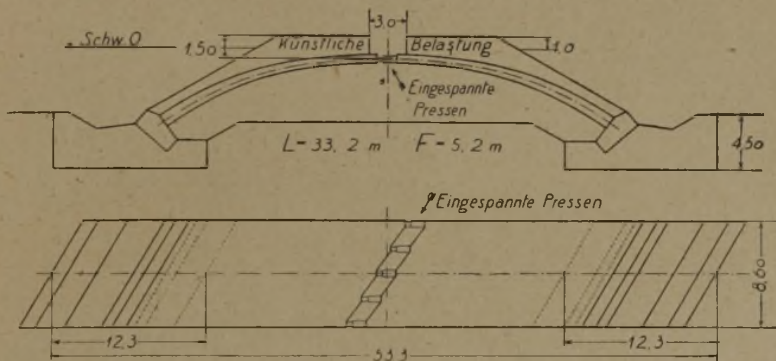


Abb. 3.

Die Bedeutung des Gewölbe-Spreizverfahrens für den Bau schiefer Gewölbebrücken.



geraden Gewölbe auf und daß diese sehr groß sein können, zeigen bei vielen Stampfbetongewölben die nach oben klaffenden Kämpferrisse, oft zusammen mit dem umgekehrten Riß im Scheitel. Jeder Punkt des Gewölbes führt dabei eine Drehung um die Kämpferlinie aus und ist bestrebt, sich in einer zur Drehachse senkrechten Ebene zu bewegen. Ist nun das Gewölbe schief, so müssen auch seitliche Schubkräfte auftreten, wie ein Blick auf Abb. 2 zeigt. Diese Schubkräfte sind naturgemäß entlang der Scheitellinie am größten und trachten die beiden Gewölbhälften aneinander vorbei zu schieben. Außerdem treten bei schiefen Gewölben auch Biegungsspannungen quer zur Brückenachse auf, die wieder in den Kämpferlinien ihren Höchstwert erreichen und zur Folge haben, daß der Horizontalschub sich entlang der Kämpferlinie nicht wie beim geraden Gewölbe gleichmäßig verteilt, sondern sich im stumpfen Winkel zusammendrängt, wogegen im spitzen Winkel erhebliche Zugspannungen eintreten können. Das Auftreten solcher Zugspannungen zeigt sich häufig in Rissen in den Leibungsflächen parallel zu den Kämpferlinien in der Nähe des spitzen Winkels und in anschließenden Rissen in den Stirnflächen senkrecht zu den Leibungen. Derartige Risse hat man z. B. an den vier Stirnseiten zweier an einem gemeinsamen Mittelpfeiler anschließender Gewölbe der i. J. 1915 über die Ecker im Bahnhofs Vienenburg erbauten Eisenbahnbrücke beobachtet.

Die Belastung der Brücke durch die Stirnmauern, Aufschüttung, Fahrbahn und Verkehrslast, das Schwinden des Baustoffes, das Nachgeben der Widerlager und das Sinken

Dr.-Ing. R. Färber erfundenen und in Deutschland durch Patent der Buchheim & Heister, A.-G., Frankfurt a. M. — Ulm a. d. D. geschützten sogenannten Gewölbe-Expansions- oder Spreizverfahrens, auf welches wir weiter unten noch zurückkommen, mit gutem Erfolge wieder hergestellt worden. Ein ähnlicher Fall ist auch von Baurat Professor Knapp, Darmstadt in der Zeitschrift „Der Brückenbau“ 1913 Nr. 24 beschrieben. Auch aus der allerletzten Zeit sind zwei Fälle zu verzeichnen, bei denen die Anwendung des Gewölbe-Expansions-Verfahrens zur Herstellung der zerstörten Brücken angezeigt wäre. Es sind die eingestürzten Brücken über die Brigg bei Heggen bei Finentrop und über den Bahnhof Flensburg³⁾.

Will man solche Fälle bei Anwendung der gewöhnlichen Bauweise vermeiden, so muß man ein sehr stabiles unnachgiebiges Lehrgerüst bauen, die Ausrüstung mit der größten Vorsicht und Sorgfalt ausführen, die Widerlager sehr reichlich bemessen, um ein Nachgeben in Quer- und Längsachse zu vermeiden und endlich einen Baustoff verwenden, der auch Biegungs- und Schubspannungen aufnehmen kann, also Eisenbeton. Das sind alles Momente, die den Bau außerordentlich verteuern und die Wettbewerbsfähigkeit der schiefen Gewölbe mit den geraden fraglich erscheinen lassen.

Das gleiche kann auch über das von C. Busemann⁴⁾

²⁾ Dr.-Ing. R. Färber: Die Wiederherstellung der Puppenbrücke in Lübeck mittels des Gewölbe-Expansions-Verfahrens. Deutsch. Bauz. 1914, Betonbeilage Nr. 18. —

³⁾ „Die Bautechnik“, 1924. Nr. 46, S. 524 und Nr. 49 S. 560. —

⁴⁾ Siehe genanntes Werk. —

vorgeschlagene Verfahren gesagt werden, an welchem noch der Nachteile haftet, daß es mit erwünschter Sicherheit nur bei Dreigelenkbogen angewandt werden kann. Er schlägt nämlich vor, eine reibungslose Querfuge in das Gewölbe hineinzulegen. Wo die Frage liegt, ist gleichgültig. Sie kann als Rollenbahn ausgebildet werden (Abb. 3, S. 111), die senkrecht zu den Stirnflächen verlaufen muß, damit die Kraft- richtung parallel den Stirnflächen gelegt wird. Will man Abweichungen von dieser Kraft- richtung bis zum Reibungs- winkel für gleitende Reibung zulassen, so kann man die Querfuge ohne Rollen ausbilden, jedoch ist es fraglich, ob sin dann auch ihrer Aufgabe — die seitlichen Schub- und Biegungsspannungen in gewissen Schranken zu halten, noch entsprechen kann.

Eine Ausführung einer Brücke nach diesem Vorschlage ist uns nicht bekannt und ist auch nicht zu erwarten. Desto größere Verbreitung hat in wenigen Jahren im In- und Auslande das bereits erwähnte Gewölbe-Expansions-Verfahren, D. R. P. Buchheim & Heister, gefunden. Das sinnreiche Verfahren ist aus einer Anzahl von Veröffentlichungen genügend bekannt³⁾. Wird dieses Verfahren bei schiefen Brücken angewandt, so werden die Druckwasser- Scheitelpressen gestaffelt eingebaut (Abb. 4, S. 111). Es ist aber auch der Einbau in einer zu den Stirnflächen senk-

rechten Vertikalebene denkbar, allerdings in verschiedenen Höhenlagen, entsprechend dem Verlauf der Stützlinie. Die Achsen der Pressen werden parallel der Gewölbestirn, also schief zur Scheitellinie gelegt. Der von den Pressen ausgeübte Druck verpflanzt sich also parallel zu den Stirnflächen, sodaß diese günstigste Druckrichtung, die der Berechnung doch zugrunde gelegt wird, die aber im allgemeinen von sich selbst nie entsteht, mit Sicherheit in das Gewölbe geleitet wird. Die Pressen bewirken auch ein Abheben des Gewölbes vom Lehrgerüst, schalten also die Gefahren des gewöhnlichen Ausrüstens aus, ebenso auch die Spannungen, die durch Verkürzung des Bogens infolge ständiger Last und Schwinden des Baustoffes eintreten würden. Es ist natürlich zu beachten, daß die Widerlager den seitlichen Komponenten des Horizontalschubes standhalten müssen. Bei bestehenden Brücken, bei denen das Gewölbe an dem Kämpfer mit einer durchgehenden Fuge anschließt, darf die Seitenkomponente des Horizontalschubes parallel der Fuge nicht größer werden, als der Reibungswiderstand bzw. als die Haftfestigkeit in der Kämpferfuge.

Wir glauben, das geschilderte Verfahren wird an vielen Stellen den Bau einer gewölbten Brücke ermöglichen, wo eine solche sonst nicht in Betracht käme. —

Vermischtes.

Moderner Putz. Nachdem man in der Baukunst erkannt hatte, daß ein farbiger Anstrich, sei es mit Kalk oder Ölfarbe, den Witterungseinflüssen nicht in wünschenswerter Weise standhält, oder auch speckig oder süßlich wirkt, ging das Bestreben der Architekten dahin, dem Verputz der Häuser in sich eine solche Tönung zu geben, daß eine Veränderung in unangenehmer Weise nicht vorkommen kann. Zuerst versuchte man dieses durch Beimengen von Farbe zum Zementmörtel. Man mußte aber sehr bald die Wahrnehmung machen, daß auch bei vorsichtigster Handhabung auf diese Weise eine gleichmäßige Putzfläche nicht zu erzielen war, abgesehen davon, daß die Einflüsse durch Regen und Sonnenschein so stark sind, daß ein auf diese Weise zustande gekommener Verputz sehr bald ausbleicht und unansehnlich wird.

Die Industrie kam dem Verlangen der Architekten entgegen und brachte fertigen „Edelputz auf den Markt, der durch seine gleichmäßige, auf maschinellem Wege hergestellte Mischung ein gleichmäßiges Aussehen der großen Fläche gewährleistet. Denn es ist wohl zweifellos, daß wir nicht nur infolge der wirtschaftlichen Not in der modernen Baukunst ein stärkeres Betonen der großen Fläche bemerken können gegenüber der vergangenen Epoche, die sehr viel Wert auf Einteilungen durch Pfeiler, Risalite und Umrahmungen gelegt hat. Je stärker nun die Fläche betont wird und je mehr sich das Auge an die große Fläche gewöhnt, desto wichtiger ist, daß diese in der Materialbehandlung nicht öde und langweilig wirkt, mit anderen Worten, daß die Fläche ein interessantes „Korn“ (Struktur) erhält. Unsere deutsche Industrie, die sich durch Rührigkeit immer ausgezeichnet hat, hat dieser baukünstlerischen Forderung Rechnung getragen.

Während früher der Putz häufig einen lehmigen Charakter annahm, wird bei der neuen Art von Rauputz durch das Auskratzen der zwischen den kleinen Steinchen sitzenden Schlemme die Fläche immer schöner. Wir können das in Münster bei den neuen durch die Eisenbahnbehörde hergestellten Bauten in der Bahnhofstraße in erfreulicher Weise feststellen, die mit verschiedenen Putzsorten der Vereinigten Steinwerke G. m. b. H. in Kupferdreh geputzt sind. Dort sind soeben in zwei Bau- blocks Mehrfamilienhäuser für Eisenbahner geschaffen, die mit Recht die Aufmerksamkeit des Publikums erregen. In einem wohl am besten mit dunkelchromgelb zu bezeichnenden Farbton von großer Leuchtkraft sind diese Häuser durch das infolge seiner ausgezeichneten Arbeiten in Düsseldorf bestes bekannte Stückgeschäft Friedrich Jacobs, Düsseldorf, in dem Kupferdreher Rauputz geputzt. Die Pilaster und Fenstereinrahmungen, sowie der Sockel sind in Westfalia-Steinputz, ebenfalls von Kupferdreh, geputzt.

Während der Rauputz auf einen Unterputz einfach aufgetragen und mit einem Stahlblech nach kurzer Zeit abgekratzt wird, muß der Steinputz steinmetzmäßig bearbeitet werden. Bei den Häusern der Eisenbahndirektion ist das durch einen ziemlich groben Scharrierschlag ge-

schehen. Man kann aber ebenso gut diesen Steinputz in irgendeiner anderen steinmetzmäßigen Technik bearbeiten, z. B. durch Spitzen, Kröneln oder Stocken. Bei den in Rede stehenden Häusern wurde — was für den modernen Architekten selbstverständlich ist — natürlich nicht versucht, diesen Steinputz so zu behandeln, als ob man es mit Naturstein zu tun hätte. Jeder wird schon sofort an der Art des Scharrierschlags sehen, daß er es mit einem Steinputz zu tun hat, und es ist ja zweifellos etwas anderes, ob man einen Stein auf der Bank des Werkplatzes oder vom Gerüst aus am Bau selbst bearbeitet. Ich habe gelegentlich in meiner Praxis diese Überlegung künstlerisch auszunutzen versucht, indem ich durch den Scharrierschlag ein Muster in die Fläche gebracht habe, das diese in interessanter Weise belebt.

Man muß den Kupferdreher Steinwerken dankbar sein, daß sie es nach langwierigen Versuchen und nunmehr auf Grund von langen Erfahrungen fertiggebracht haben, einen in der Tönung wirklich befriedigenden und in der Struktur außerordentlich reizvollen Putz herauszubringen. Wer die Versuche des früheren Stadtbaurats Bruno Taut in Magdeburg, oder die farbigen Anstriche in Celle oder anderen Städten gesehen hat, der wird beurteilen können, was ein wirklich wetterbeständiger rauher Putz für den Architekten zu bedeuten hat, denn ein Farbenanstrich gelingt nur in seltenen Fällen so, daß er auf die Dauer befriedigt, und das ist um so bedauerlicher, als durch den frischen Anstrich die Aufmerksamkeit auf die betreffenden Häuser gelenkt wird, die vorher in ihrem schmutzigen Grau gar nicht beachtet wurden. Ist dann die Farbe verwaschen oder ausgebleichen, so ist die Störung natürlich doppelt fühlbar. Bei unserem künstlerischen Beispiel können wir auch gleich ein Gegenbeispiel durch die danebenstehenden älteren Häuser finden, die in ihrem unfreundlichen Putz, abgesehen von der wenig befriedigenden Architektur, einen ganz trostlosen Eindruck machen.

Justus Haarmann, Osnabrück, Architekt B.D.A./D.W.B.

Briefkasten.

Zur Anfrage Dipl.-Ing. W. S. in G.-R. in Nr. 12 (Maßnahmen gegen das Ausblühen an Mauerwerk durch den Putz). Setzen Sie sich mit der Firma Hans Hauenschild G. m. b. H., Hamburg, Chilehaus, in Verbindung, die mit ihr Sonderfabrikaten Lithurin und Prolapin Ihnen richtig dienen kann. Nach unseren Erfahrungen dürfte der weiße Ausschlag ein Natriumsulfat darstellen, das immer und besonders im Frühjahr zum Vorschein kommen wird, solange die aus Hintermauerungssteinen hergestellten Wandflächen durch Regenschlag durchfeuchtet werden. Durch eine Fluatierung mit einer keimtötenden Lithurinsorte wäre das Mauerwerk zu behandeln, alsdann ein neuer, mit dem säurefesten und wasserdichtenden Prolapin hergestellter Fassadenputz aufzutragen, worauf die erwähnten Mängel beseitigt werden. Von der Verarbeitung eines lehmhaltigen Mauersandes ist unbedingt Abstand zu nehmen, es muß ein reiner Mauersand beschafft werden. Eine Behandlung mit Wasserglas dürfte zwecklos sein. — Defog.

Inhalt: Bauschäden am Ulmer Münster. — Der Hauptturm des Münster in Ulm. — Die Bedeutung des Gewölbe-Spreizverfahrens für den Bau schiefer Gewölbebrücken. — Vermischtes. — Briefkasten. —

Druck: W. Büxenstein, Berlin SW 48.
Für die Redaktion verantwortlich: Fritz Eiselen in Berlin.
Verlag der Deutschen Bauzeitung, G. m. b. H. in Berlin.

³⁾ Siehe ferner Dr.-Ing. H. Nitzsche: Ein Anwendungsbeispiel des Gewölbe-Expansions-Verfahrens und des Drucklinienprüfers in „Armiertes Beton“, Heft 3 und 4, Jahrg. 1917 und ferner „Fritz Eiselen“: Bemerkenswerte Brückenführungen des Auslandes in Eisenbeton. Deutsche Bauzeitung 1921, Betonbeilage, Nr. 18 und 19. —