



Einführung in die BAUFORSCHUNG
Vorlesung 2: Fallbeispiel Stampfbeton

Stefan M. Holzer, ETH Zürich

Ein Wahrzeichen bröckelt

Stadtwerke wollen das Aquädukt in Grub abreißen – Sanierung ist laut Gutachten kaum machbar

VON KATRIN HAGER

Valley – Für viele Valleyer ist es ein Wahrzeichen ihrer Gemeinde geworden: Seit 120 Jahren schlägt das Aquädukt bei Grub eine Brücke über den Teufelsgraben. Doch das Wahrzeichen bröckelt. Und eine Sanierung sei technisch nicht möglich, erklären die Stadtwerke München (SWM) als Besitzer. Sie haben bei der Gemeinde den Antrag auf Abriss des Baudenkmals gestellt – weil es zur Gefahr geworden ist.

Auf fünf Bögen spannt sich die Wasser-Rohrleitungsbrücke bei Grub über den Teufelsgraben – 162 Meter lang, 17 Meter hoch. 1890 wurde das Aquädukt erbaut, um die Stadt München mit Wasser aus dem Mangfalltal zu versorgen – ein wichtiger Teil einer Lebensader. Heute gilt das Bauwerk als architektonisches Kuriosum, das weit und breit seinesgleichen sucht. Allein dass es überhaupt noch steht, ist schon bemerkenswert. Denn dem Aquädukt fehlt ein stützendes Eisenskelett, es besteht aus purem Stampfbeton ohne Stabilisierung im Inneren. Wie es trotzdem so lange dem Zahn der Zeit und den Zugkräften trotzte, erstaunt sogar Experten.

Umso schwieriger gestaltet sich die Sanierung. „Fast unmöglich“, heißt es bei den Stadtwerken München auf Nachfrage. Die SWM stützen sich dabei auf ein Gutachten, demzufolge der Abriss kaum zu vermeiden ist. „Man muss-



Seit 120 Jahren überspannt eine Wasserleitungs-Brücke den Teufelsgraben bei Grub. Da manchmal bereits Brocken herabfallen, wurde für Fußgänger eine Überdachung gebaut. Offiziell ist der Weg jetzt sogar gesperrt. FOTOS PLETTENBERG

te es schon in Acryl gießen“, frotzelt ein SWM-Sprecher. Das Denkmal müsste gleichzeitig gestützt und versiegelt werden, damit es erhalten bleiben könnte. Dafür fehlt es dem Gutachten zufolge an den baulichen Grundlagen.

Der einzige Weg, ein Aquädukt über dem Teufelsgraben zu erhalten, wäre laut SWM ein Neubau. Das historische Bauwerk wäre dann allerdings verschwunden – und technisch ist das Aquädukt für die SWM ohnehin nicht

mehr vonnöten. Denn bereits seit 1998, als der erste Teil der neuen Trinkwasserleitung aus dem Mühltal nach München fertiggestellt war, hatte es ausgedient.

Das Gutachten attestiert dem Baudenkmal nun, dass es nicht nur überflüssig, sondern sogar zur Gefahr geworden ist. Schon in der Vergangenheit lösten sich immer wieder kleinere Brocken; deshalb wurde für Fußgänger ein Durchgang aus Holz mit Blechdach gebaut. Doch die



17 Meter hoch ist das Gruber Aquädukt.

Brocken werden größer – und die Gutachter wollen nicht mehr ausschließen, dass die Brücke zusammenbricht. Wann das passiert, da legen sich die Ingenieure nicht fest; das Aquädukt könnte in zehn Jahren bereits eingestürzt sein – oder in 30 Jahren noch stehen. Die Gemeinde hat den Weg unter dem Aquädukt nach Bekanntwerden des Gutachtens vorsichtshalber gesperrt.

Der Valleyer Gemeinderat will sich mit dem Abriss aller-

Historischer Wert

Das Landesamt für Denkmalpflege hält die **historische Bedeutung des Aquädukts** für groß. „Es ist ein bauliches Zeugnis für die kommunale, soziale, gesundheitspolitische und ingenieurtechnische Leistung der Münchner Wasserversorgung“, teilt Landesamts-Sprecher Richard Nemeč mit. Das Bauwerk stamme **aus der Anfangszeit einer zentralen Wasserversorgung**. Die Stadt hatte das in Angriff genommen, nachdem eine **Typhus-Epidemie 400 Opfer** gefordert hatte. Das Aquädukt bei Grub offenbare zudem eine bemerkenswerte **baukünstlerische Gestaltung in Anlehnung an Vorbilder der Klassik**, so die Denkmalpfleger.

Weitere Schritte will das Landesamt mit der Unteren Denkmalschutzbehörde im Landratsamt und den Stadtwerken abstimmen. **„Wir fordern den Erhalt des Denkmals“**, sagt Richard Nemeč. ag

dings nicht ohne Weiteres abfinden. In seiner Stellungnahme zum Antrag der Stadtwerke München teilt er mit: „Der Gemeinderat Valley legt Wert darauf, dass das Baudenkmal erhalten bleibt.“

Der Abriss-Antrag der SWM geht nun ans Landratsamt. Schlussendlich wird das Landesamt für Denkmalpflege zu entscheiden haben, ob die Umstände gravierend genug sind, damit die Nachwelt auf das Gruber Aquädukt verzichten kann.



Erinnerungen an eine Familienwanderung im Juni 2008 ...



Erinnerungen an eine Familienwanderung im Juni 2008 . . .



... Schäden ja, aber Einsturzgefahr? (Juni 2008)



Laut offiziellem Denkmälerinventar damals noch eine „Brücke aus Nagelfluhquadern“ ... (Juni 2008)

Ein Wahrzeichen bröckelt

Stadtwerke wollen das Aquädukt in Grub abreißen – Sanierung ist laut Gutachten kaum machbar

VON RAINER NÄGER

Valley – Für viele Valleyer ist es ein Wahrzeichen ihrer Gemeinde geworden: Seit 120 Jahren schlägt das Aquädukt bei Grub eine Brücke über den Teufelsgraben. Doch das Wahrzeichen bröckelt. Und eine Sanierung sei technisch nicht möglich, erklären die Stadtwerke München (SWM) als Besitzer. Sie haben bei der Gemeinde den Antrag auf Abriss des Baudenkmals gestellt – weil es zur Gefahr geworden ist.

Auf fünf Bögen spannt sich die Wasserbefehlungsbrücke bei Grub über den Teufelsgraben – 162 Meter lang, 17 Meter hoch. 1890 wurde das Aquädukt erbaut, um die Stadt München mit Wasser aus dem Mangfalltal zu versorgen – ein wichtiger Teil eines Lebensmals. Heute gilt das Bauwerk als architektonisches Karussell, das wack und breit herumgeht. Nicht. Man ist das überhaupt noch nicht, ist schon bemerkenswert. Denn dem Aquädukt fehlt ein stützender Eisenkegel, es besteht aus purem Stampfbeton ohne Stahlbewehrung im Innern. Wie es trotzdem so lange den Zahn der Zeit und den Zogkräfte trotzt, erklärt sogar Experten.

Um es schwerer gestaltet sich die Sanierung. „Fast unmöglich“, heißt es bei den Stadtwerken München auf Nachfrage. Die SWM stützen sich dabei auf ein Gutachten, demzufolge der Abriss kaum zu vermeiden ist. „Man muss



Seit 120 Jahren überspannt eine Wasserleitungsbrücke den Teufelsgraben bei Grub. Da manchmal bereits Brücken herabfallen, wurde für Fußgänger eine Überdachung gebaut. Offiziell ist der Weg jetzt sogar gesperrt.

te es schon in Aeryl gießen“, trotzdem ein SWM-Sprecher. Das Denkmal müsse gleichmäßig gestützt und verankert werden, damit es erhaltenswert bleiben kann. Dafür fehlt es dem Gutachten zufolge an den baulichen Grundlagen.

Der stonige Weg, ein Aquädukt über dem Teufelsgraben zu erhalten, wäre laut SWM ein Neubauprojekt. Das historische Bauwerk wäre dann allerdings verschwand – und dadurch ist das Aquädukt für die SWM überflüssig.

mehr vürnten. Denn bereits seit 1996, als der erste Teil der neuen Trinkwasserleitung aus dem Mühlthal nach München fertiggestellt war, hatte es ausgedient. Das Gutachten argumentiert, dass es nicht nur überflüssig, sondern sogar zur Gefahr geworden ist. Schon in der Vergangenheit lösten sich immer wieder kleinere Bruchstücke, deshalb wurde für Fußgänger ein Durchgang aus Holz mit Blechdach gebaut. Doch die



17 Meter hoch ist das Gruber Aquädukt.

Brücken werden größer – und die Gutachter wollen nicht mehr ausschließen, dass die Brücke zusammenbricht. Wenn das passiert, die wegen sich die Ingenieure nicht fest, das Aquädukt könnte in zehn Jahren bereits eingestürzt sein – oder in 35 Jahren noch stehen. Die Gemeinde hat den Weg unter dem Aquädukt nach Bekanntwerden des Gutachtens vorsichtshalber gesperrt.

Der Valleyer Gemeinderat will sich mit dem Abriss ab-

Historischer Wert

Das Landesamt für Denkmalpflege hält die historische Bedeutung des Aquädukts für groß. „Es ist ein beachtliches Zeugnis für die kommunale, soziale, gesellschaftspolitische und ingenieurtechnische Leistung der Münchner Wasserwirtschaft“, heißt Landesamts-Sprecher Richard Herber. Das Bauwerk stamme aus der Anfangszeit einer zentralen Wasserversorgung. Die Stadt hatte das in Angriff genommen, nachdem eine Typhus-Epidemie 400 Opfer gefordert hatte. Das Aquädukt im Grub überdauert zudem eine bemerkenswerte baukünstlerische Gestaltung in Anlehnung an Vorbilder der Klassik, so die Denkmalpfleger. Weitere Schritte will das Landesamt mit der Unteren Denkmalschutzbehörde im Landratsamt und dem Stadtwerken abstimmen. „Wir fordern den Erhalt des Denkmals“, sagt Richard Herber.

dinge nicht ohne Weiteres abfinden. In seiner Stellungnahme zum Antrag der Stadtwerke München heißt er mit: „Der Gemeinderat Valley legt Wert darauf, dass das Baudenkmal erhalten bleibt.“

Der Abriss-Antrag der SWM geht nun am Landratsamt. Schlussendlich wird das Landesamt für Denkmalpflege zu entscheiden haben, ob die Umstände gravierend genug sind, damit die Nachwelt auf das Gruber Aquädukt verzichten kann.



Mitteilungen

über die

Wasserversorgung Münchens

anlässlich Besichtigung der Bauarbeiten durch die städtischen Kollegien .

als Leitfaden zusammengestellt

von

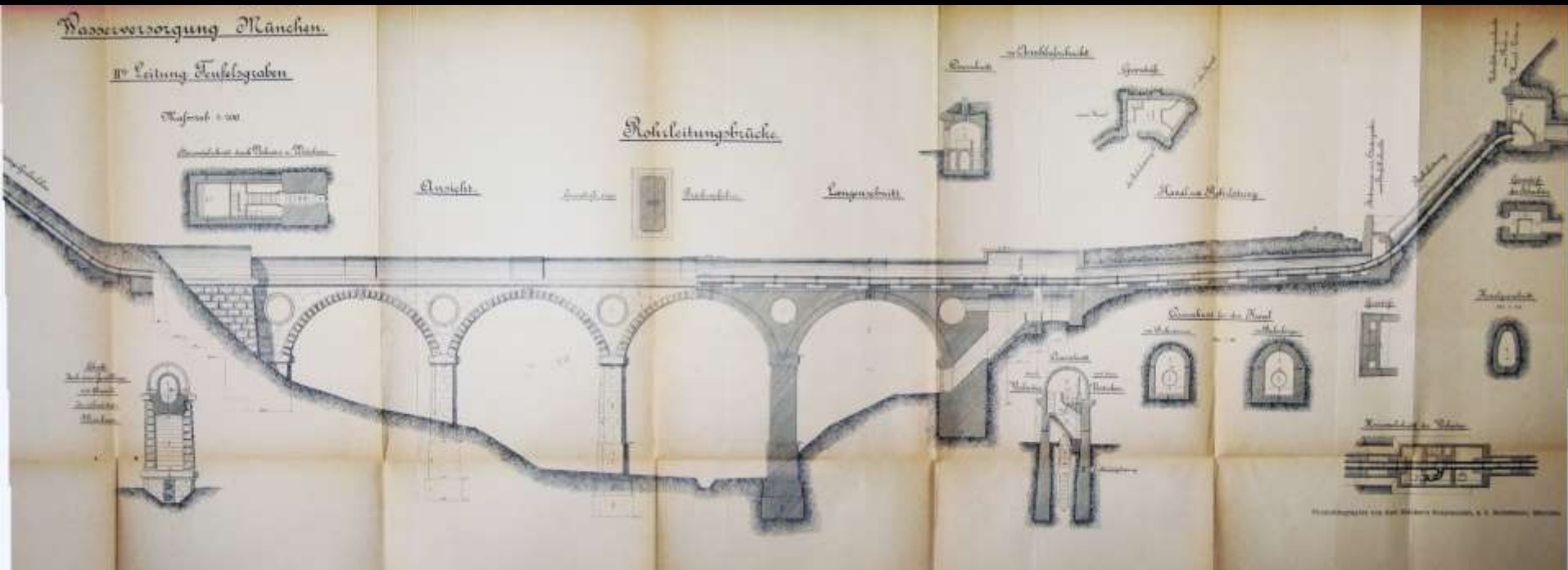
Carl Pevc, städtischer Ingenieur.



Buchdruckerei von Carl Gerber, München.

Vorbereitende Literaturrecherche (11. Februar 2010)

Glücklicher Fund einer historischen Beschreibung der Anlagen der Münchner Wasserversorgung (1895)



Vorbereitende Literaturrecherche (11. Februar 2010)

Glücklicher Fund einer historischen Beschreibung der Anlagen der Münchner Wasserversorgung (1895)

Mit Abbildung eines Planes des Aquädukts ... leider jedoch ohne ausführungstechnische Details

Die nach den Weissbach'schen Formeln berechnete Leistungsfähigkeit dieser Leitung beträgt für sämtliche Teile 780 Sekundenliter.

Die Kanäle erhielten ein einförmiges Profil mit nach oben gerichteter Spitze, 1,80 m Lichthöhe und 1,0 m grösste Breite.

Die oben unter 2 aufgeführte 700 mm-Rohrleitung wurde in einer Höhe von 19 m über der Sohle des Teufelsgrabens auf eine Brücke gelegt.

Diese Brücke hat 4 Öffnungen zu je 14,0 m Lichtweite, Pfeiler von 2,4 m, Wiederlager von 4,5 m Stärke und an letztern anschliessende Flügelbauten, sonach eine Gesamtlänge von 91,20 m.

Die Höhe der Pfeiler beträgt von der Fundamentsohle bis zur Kämpferlinie 13,74 m bzw. 15,14 m und 15,24 m, wovon auf den Grundbau 5,50, 3,40 und 3,50 m treffen.

Die Stichtiefe der nahezu halbkreisförmigen Gewölb Bögen beträgt 5,6 m und die Gewölbstärke im Scheitel 0,75 m. Das Maass der Brückenweite von Stirn zu Stirnfläche der Gewölb Bögen ist 2,8 m.

Der auf die Brücke gelegte Kanal ist im Halbkreis gewölbt, im Lichten 1,80 m breit und 1,85 m hoch. An den beiden Enden ist derselbe mit grösseren gewölbten Räumen, den Vorkammern, in Verbindung gebracht.

Dieses Bauwerk interessiert besonders durch die Art seiner Ausführung, ausschliesslich in Stampfbeton aus Portlandzement, Kalksand und Kies und zwar im Mischungsverhältnis für die Fundamente $1:3\frac{1}{2}:6\frac{1}{2}$, für Pfeiler, Wiederlager, Gewölb Bögen und Gesimse $1:3:5$.

Der Gesamtkubus des für den Brückenbau verwendeten Betons, welcher teils in einer 8 m tiefen Baugrube verwendet, teils bis zu 21 m Höhe gehoben werden musste, beträgt 2390 cbm.

Hinsichtlich der Bauausführung, welche bezüglich Kanal- und Rohrleitungen der Bauunternehmung Maurer u. Ackermann, bezüglich Betonbrücke der Firma Dyckerhoff u. Widman übertragen war, ist zu bemerken, dass dieselbe in der kurzen Zeit vom 14. April bis 24. November 1890 stattfand.

Dieses Bauwerk interessiert besonders durch die Art seiner Ausführung, ausschliesslich in Stampfbeton aus Portlandzement, Kalksand und Kies und zwar im Mischungsverhältnis für die Fundamente $1:3\frac{1}{2}:6\frac{1}{2}$, für Pfeiler, Wiederlager, Gewölb Bögen und Gesimse $1:3:5$.

Der Gesamtkubus des für den Brückenbau verwendeten Betons, welcher teils in einer 8 m tiefen Baugrube verwendet, teils bis zu 21 m Höhe gehoben werden musste, beträgt 2390 cbm.

Hinsichtlich der Bauausführung, welche bezüglich Kanal- und Rohrleitungen der Bauunternehmung Maurer u. Ackermann, bezüglich Betonbrücke der Firma Dyckerhoff u. Widman übertragen war, ist zu bemerken, dass dieselbe in der kurzen Zeit vom 14. April bis 24. November 1890 stattfand.

Vorbereitende Literaturrecherche (11. Februar 2010)

Glücklicher Fund einer historischen Beschreibung der Anlagen der Münchner Wasserversorgung (1895)

... aber doch einige wichtige Informationen: Baudatum und Baufirma

Teufelsgrabenaquädukt

- erbaut 14. 4. – 24. 11. 1890 (Sommer) durch Dyckerhoff und Widmann
- vierbogige Konstruktion, Spannweiten je 14 m, Höhe über Grund rund 20 m, Breite des Brückenüberbaus nur 2.80 m, Gesamtlänge des Bauwerks rund 92 m
- Rohrleitung aus 700 mm-Gusseisenrohren unter tonnenförmigem Dach ($t = 30 \text{ cm}$)
- Material: Stampfbeton, also erdfeucht eingestampfter Beton ohne Bewehrung






Ein erster Vor-Ort-Besichtigungstermin (13. Februar 2010)



Ein erster Vor-Ort-Besichtigungstermin (13. Februar 2010)

A wooden shelter with a roof made of horizontal planks and vertical posts. Two white warning signs with red borders are attached to a central post. The background is a snowy forest with snow-covered trees and a snow-covered ground.

Vorsicht Lebensgefahr
Steinschlag
Eiszapfenabbruch!

Kein Aufenthalt
im Gefahrenbereich
steil, sperrig
mit Eiszapfen
Lebensgefahr!



Ein erster Vor-Ort-Besichtigungstermin (13. Februar 2010)



Ein erster Vor-Ort-Besichtigungstermin (13. Februar 2010)



Ein erster Vor-Ort-Besichtigungstermin (13. Februar 2010)



Ein erster Vor-Ort-Besichtigungstermin (13. Februar 2010)



Ein erster Vor-Ort-Besichtigungstermin (13. Februar 2010)



Ein erster Vor-Ort-Besichtigungstermin (13. Februar 2010) ... das Gewölbe wurde durch Wellblech ersetzt ...



Ein erster Vor-Ort-Besichtigungstermin (13. Februar 2010)



Ein erster Vor-Ort-Besichtigungstermin (13. Februar 2010): Befunde Doch was sehen wir hier eigentlich?



Ein erster Vor-Ort-Besichtigungstermin (13. Februar 2010): Befunde Doch was sehen wir hier eigentlich?



Ein erster Vor-Ort-Besichtigungstermin (13. Februar 2010): Befunde Doch was sehen wir hier eigentlich?



Ein erster Vor-Ort-Besichtigungstermin (13. Februar 2010): Kontext in der Umgebung

Höllgrabenaquädukt, 1886:
Werksteinbau, flachgespannte
Bogenbrücke, 15 m Spannweite



Ein erster Vor-Ort-Besichtigungstermin (13. Februar 2010): Kontext in der Umgebung



Sammelschacht Thalham, 1883



Ein erster Vor-Ort-Besichtigungstermin (13. Februar 2010): Kontext in der Umgebung



Gedenkobelisk bei der Kasperlquelle,
Mühlthal, 1883



Hier trat der sogenannte
Kasperlbach, welcher zwei
Mühlen trieb, zu Tage, bis derselbe
zu der Wasserversorgung der Stadt
München mit weiteren Quellen des
Mangfallthales in den Jahren
1881-1883 gefasst und
unterirdisch abgeleitet wurde.

Ein erster Vor-Ort-Besichtigungstermin (13. Februar 2010)



Teilstück der 2. Zubringerwasserleitung
aus dem Mangfalltal

Baujahr 1897

Abmessungen (innen): 1,80/1,15 m

Transportkapazität
als Freispiegelstollen: 1400 l/s

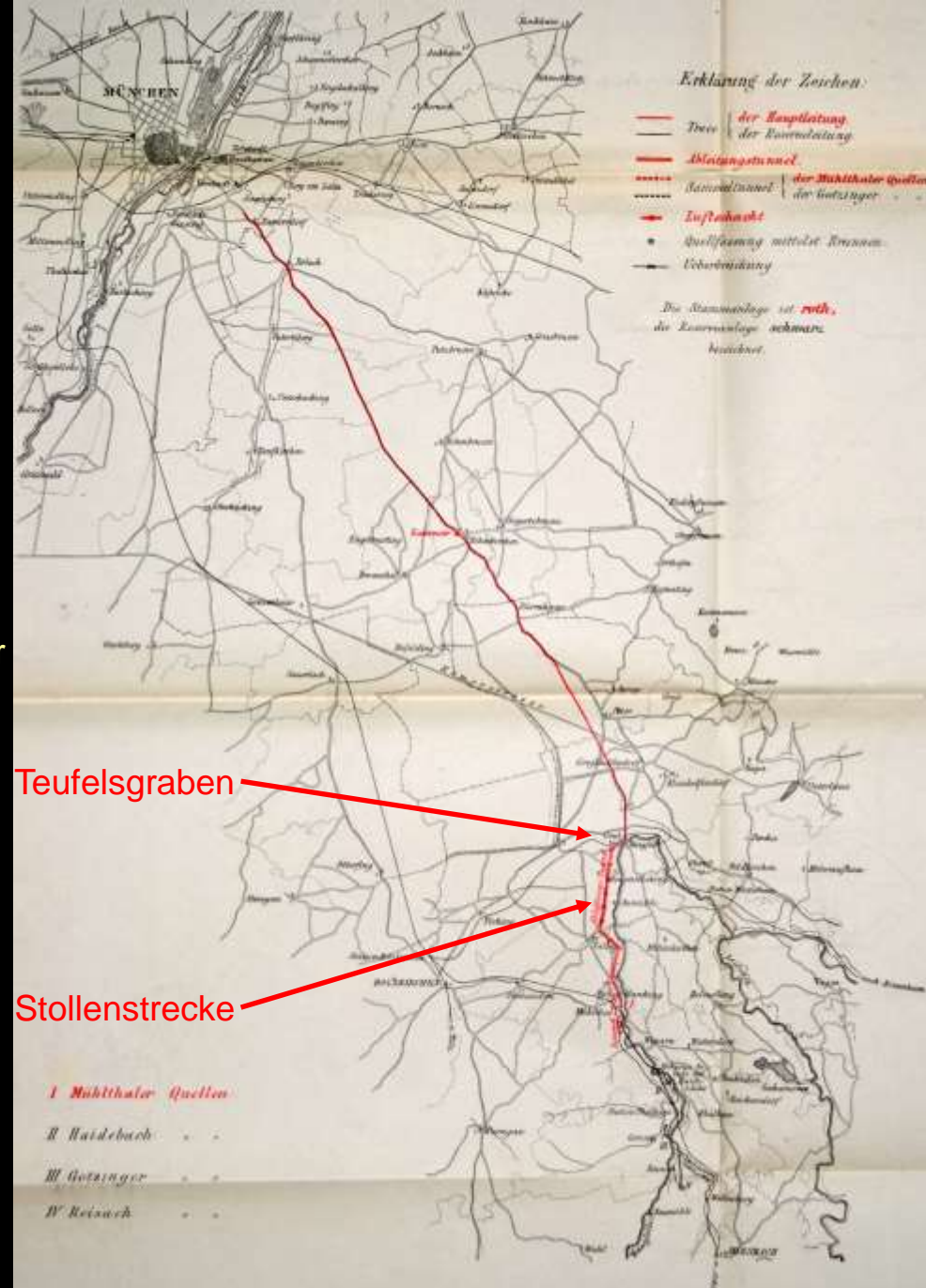
ausgebaut bei der Ortschaft Grub
im Jahre 1998

sw//m

Ein erster Vor-Ort-Besichtigungstermin (13. Februar 2010)

Fernwasserversorgung München

- Verdoppelung der Einwohnerzahl 1800-50-75
- Typhus-Epidemie 1872, Pettenkofer
- Planungsaufträge ab 1874 (Vorbild Straßburg)
- A. Thiem: Die Wasserversorgung der Stadt München. Vorprojekt, München [1875] (Diskussion verschiedener Quellgebiete, Tendenz gegen Mangfall wegen Rutschhängen)
- B. Salbach: Project einer Wasserversorgung der Stadt München, Leipzig 1878 (seit 1874 tätig, identifiziert Mangfallgebiet als optimal, Leitung im natürlichen Gefälle, stabile Quellen mit starker Schüttung)
- Ankauf Wasserrechte im Mangfalltal ab 1875
- Baubeginn Mangfall-Projekt 1881
- Inbetriebnahme 1883



Karte der Quellen im Mangfalltal und der projektierten Leitung (nach Vorlage aus: A. Zenetti/M. Niedermayer: Denkschrift zur Excursion zu den verschiedenen Bauten der Wasserversorgung Münchens, München 1882)

Noch etwas mehr Literatur und die daraus gewonnenen Erkenntnisse

Die Wasserversorgung

der

Stadt München

zugleich ein

Führer

in ihr Quellengebiet im Mangfalltal und
auf den Taubenberg.

Mit einer topographischen Übersichtskarte im Maß-
stabe 1:50,000 und zahlreichen Abbildungen.

Druck und Verlag

von Carl Aug. Seyfried & Comp., (Carl Schnell), München.

— 54 —

4. Mühlthal—Mazlmühle:

- I. Leitung: Kanal $1,5 \times 1,0$; $\text{£} = 427,92 \text{ m.}$
Rohrleitung 800 mm /Pechler-Syphon/; $\text{£} = 325,80 \text{ m.}$
Kanal $1,5 \times 1,0$; $\text{£} = 778,81 \text{ m.}$
II. " Rohrleitung v. 1000 mm I D; $\text{£} = 1469,92 \text{ m.}$



Handrütt der II. Abzweig im Höllgraben.

5. Mazlmühle—Höllgraben:

- I. Leitung: Stollen $2,0 \times 1,55$; $\text{£} = 1858,81 \text{ m.}$
II. " Rohrleitung 1200 mm; $\text{£} = 479,51 \text{ m.}$
Stollen $1,9 \times 1,25$; $\text{£} = 925,44 \text{ m.}$
Rohrleitung 900 mm; $\text{£} = 722,40 \text{ m.}$
III. " Stollen $2,0 \times 1,55$; $\text{£} = 100,0 \text{ m.}$
Kanal $2,0 \times 1,55$; $\text{£} = 535,0 \text{ m.}$
Stollen $2,0 \times 1,55$; $\text{£} = 1425,20 \text{ m.}$

— 55 —

6. Höllgraben:

- I. Leitung: 800 mm Rohrleitung /Syphon/; $\text{£} = 387,05 \text{ m.}$
II. " 900 " " /Liquädukt/; $\text{£} = 37,85 \text{ m.}$
III. " 1100 " Schmiedeeisenrohrleitung /m. Liquädukt/;
 $\text{£} = 279,40 \text{ m.}$

7. Höllgraben—Teufelsgraben:

- I. Leitung: Stollen $2,0 \times 1,55$; $\text{£} = 2512,10 \text{ m.}$
II. " " $2,0 \times 1,55$; $\text{£} = 2528,57 \text{ m.}$



Handrütt im Teufelsgraben und Stollen-Eingang.

8. Teufelsgraben:

- I. Leitung: 800 mm Rohrleitung /Syphon/; $\text{£} = 985,89 \text{ m.}$
II. " 700 " " /m. Handrütt/; $\text{£} = 168,10 \text{ m.}$
Stollen $1,8 \times 1,0$; $\text{£} = 612,55 \text{ m.}$
Kanal $1,8 \times 1,0$; $\text{£} = 227,91 \text{ m.}$

9. Teufelsgraben (Grub)—Gleifental:

- I. Leitung: Kanal $1,50 \times 1,0$; $\text{£} = 1580,59 \text{ m.}$
" $1,50 \times 0,60$; $\text{£} = 1583,00 \text{ m.}$
" $1,55 \times 0,70$; $\text{£} = 16827,94 \text{ m.}$

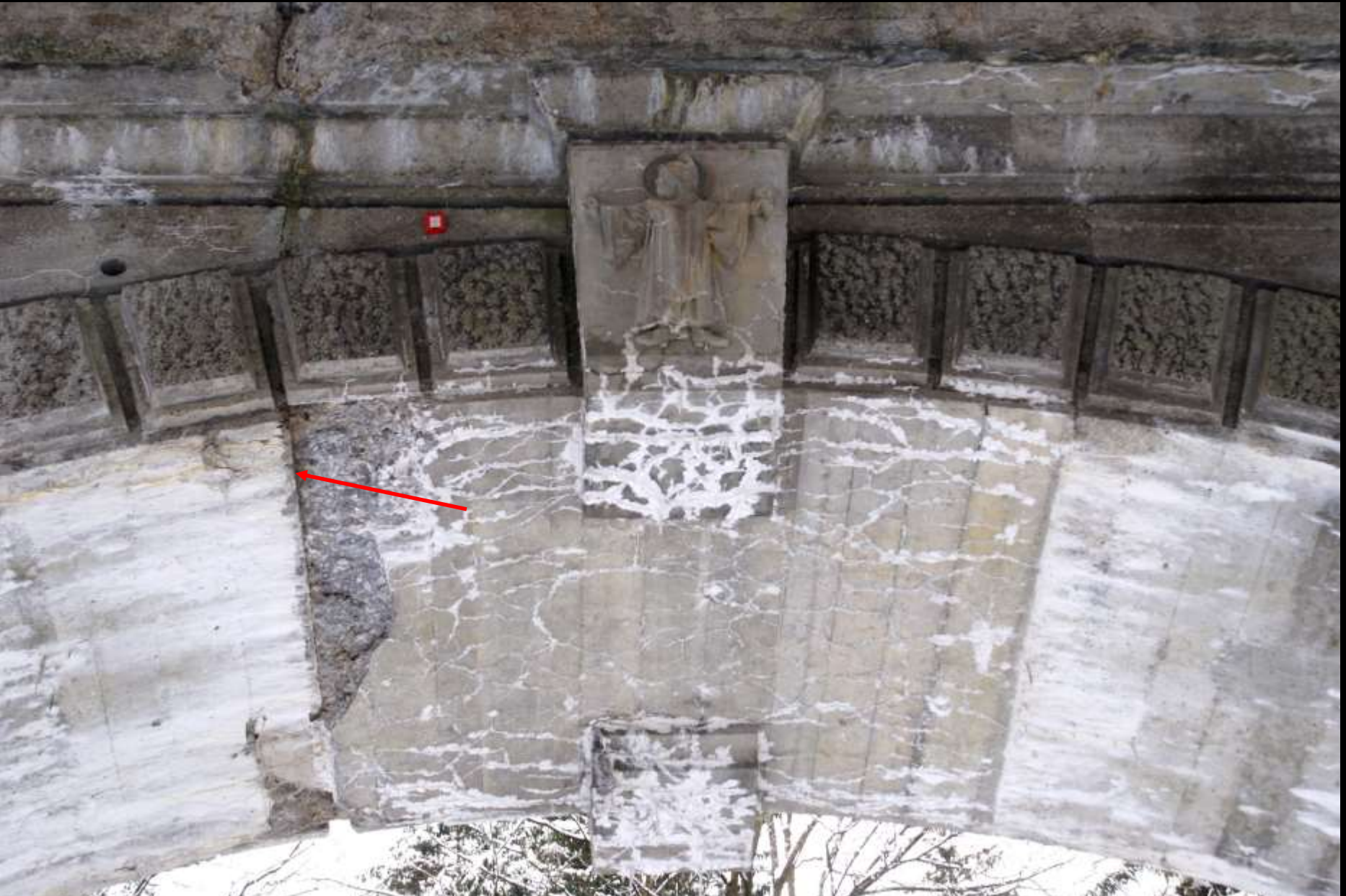


Teufelsgraben aquädukt: Fragestellungen

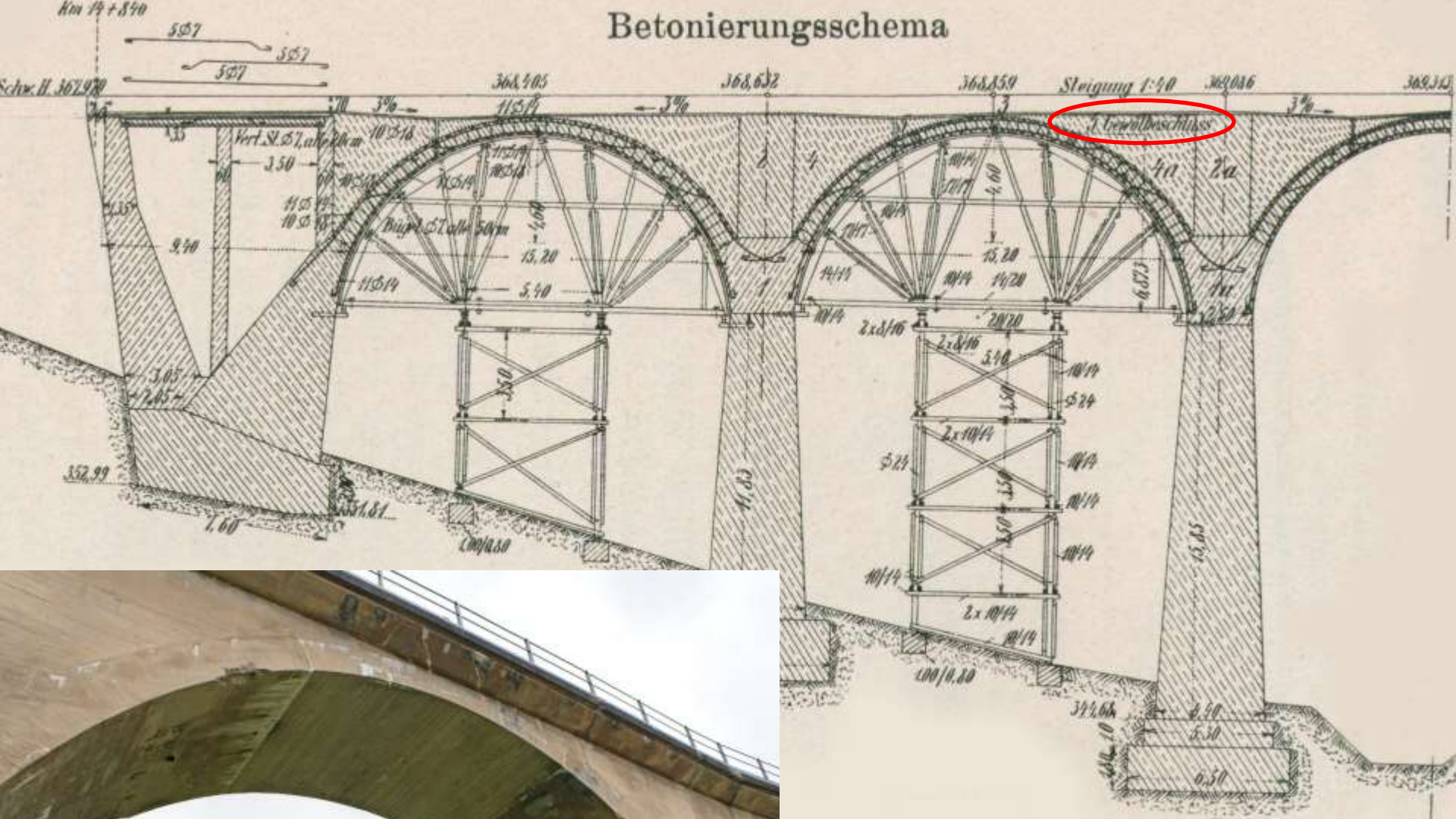
- Welches Bauverfahren wurde angewendet?
- Welchen Zusammenhang gibt es zwischen Bauverfahren und heutigen Schäden?
- Ist das Bauwerk tatsächlich ein herausragendes Baudenkmal ?

Bauverfahren

- Abschnittsfugen am Scheitelstück gehen eindeutig auf temporäre Abschalung zurück
- Also keine „Risse“. Doch warum diese Abschalungen?



Betonierungsschema



Jori/Schaechterle 1911

Auch bei anderen "kleinen" Betonbögen wurde noch 1910 das Scheitelstück vorgezogen betoniert:

Betonierschema des Strümpfelbachviadukts der Lokalbahn nach Welzheim/Württemberg ("Wieslauffalbahn", 1909/10)

Die Teufelsgrabenbrücke im Kontext des zeitgenössischen Brückenbaus

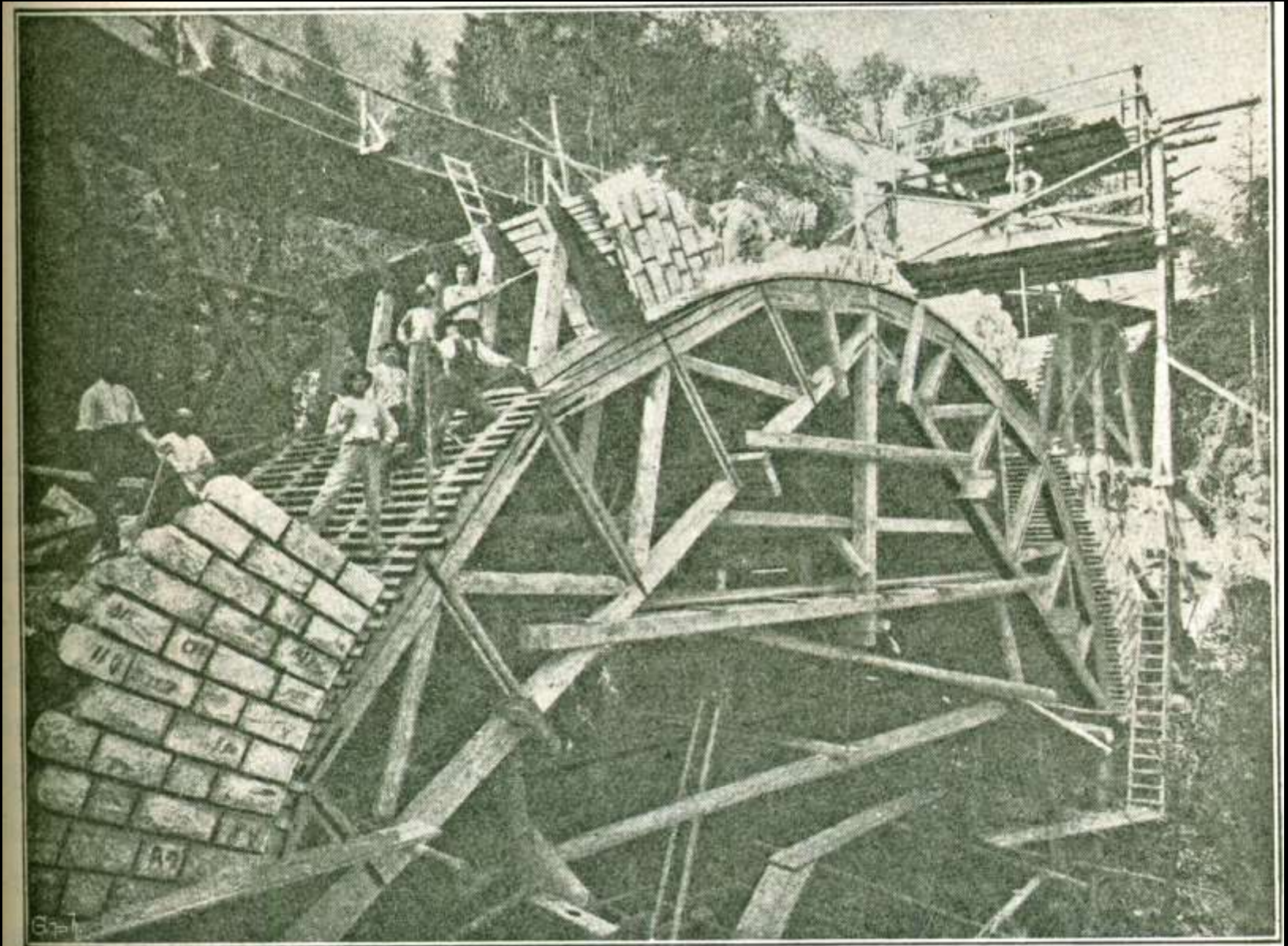
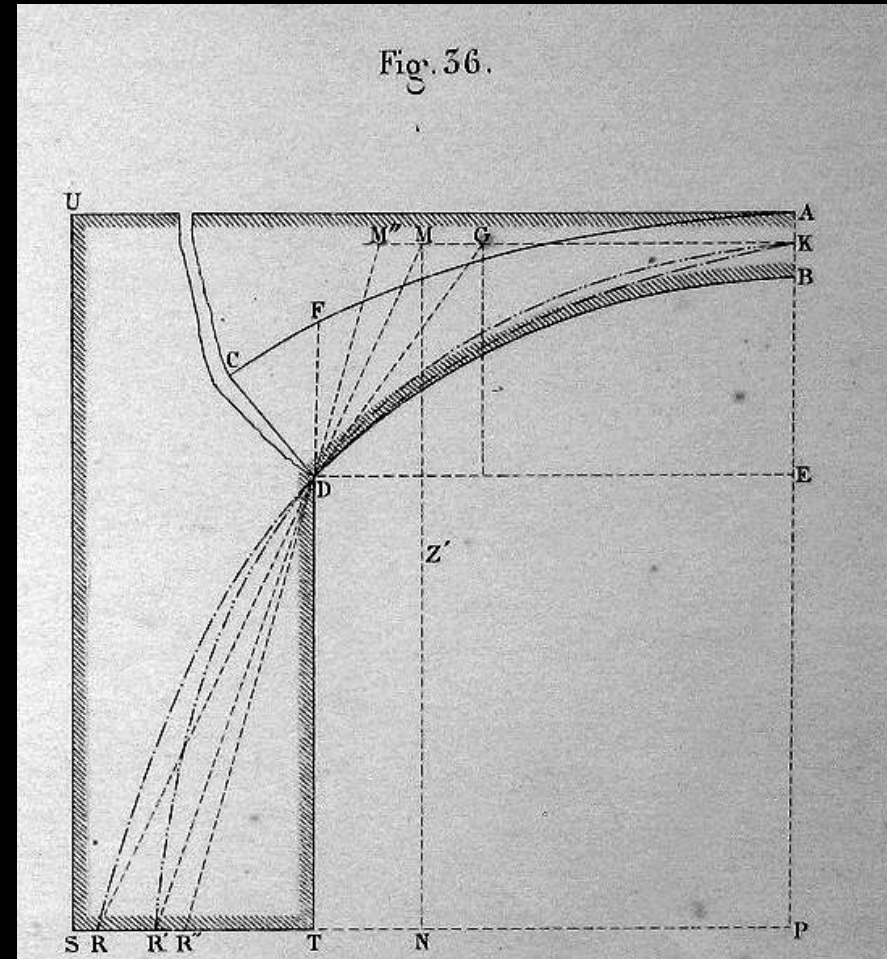
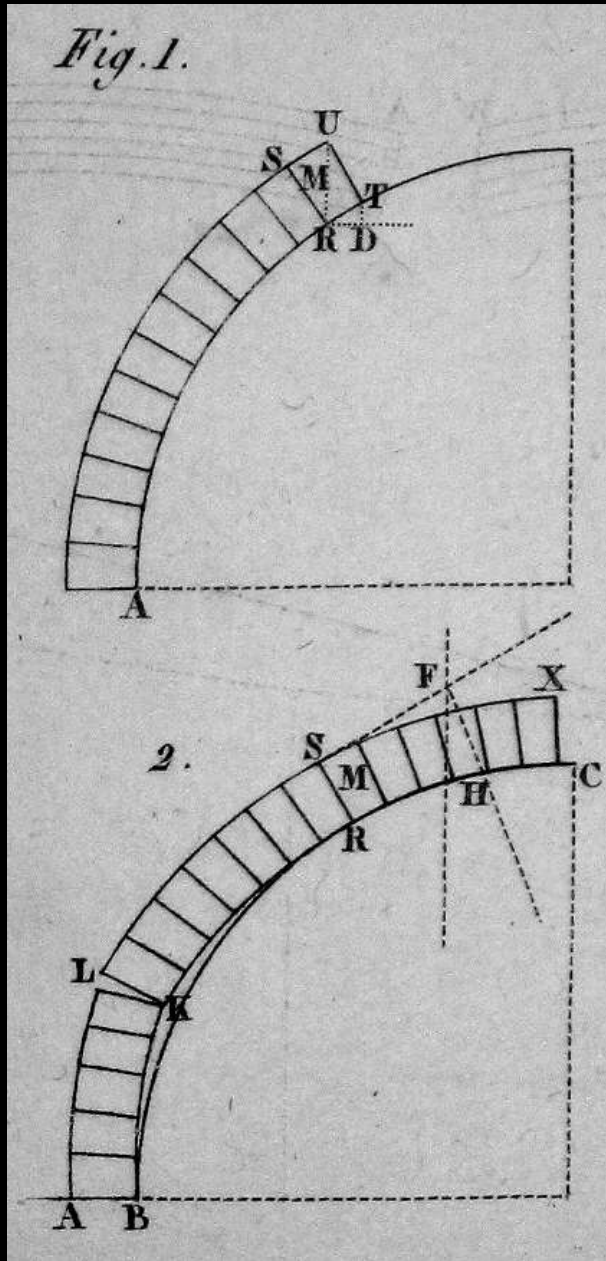


Abb. 98. Mursanger-Viadukt auf der Tauernbahn.

Die Teufelsgrabenbrücke im Kontext des zeitgenössischen Brückenbaus



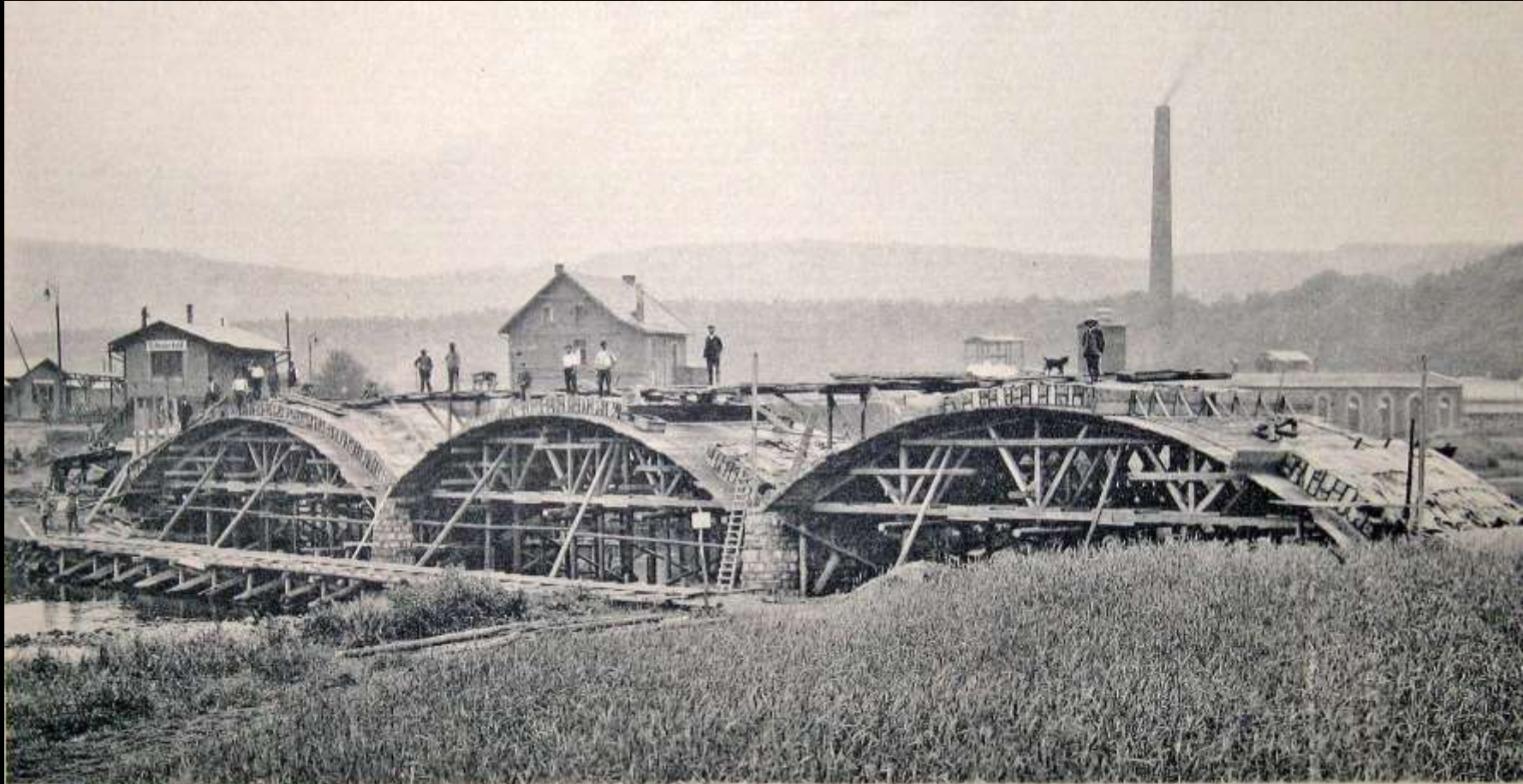
Risse beim Wölben mit schnell erhärtendem Zementmörtel
J. Dupuit: *Traité de l'équilibre des Voûtes*, Paris 1870

Analyse der Lehrgerüstverformung beim Wölben

Gauthey/Navier: *Traité de la Construction des
Ponts*, Paris 1813

Neue Probleme: schnell erhärtender Zement

- Durch die Verwendung schnell erhärtenden Zementmörtels und durch die "monolithische" Bauweise der Zementmörtel-Bruchstein-Konstruktionen verschärften sich die Probleme mit Rissbildung bei Lehrgerüstverformung und Ausschalen
- Neue Bauweisen werden nötig, um Bewegungen des Bogens zu minimieren
 - Ballastieren des Lehrgerüsts
 - gleichzeitiger Wölbbeginn an verschiedenen Stellen, Wölbschluss nachträglich



SCHEUERFELD (SIEG).
Einrüstung der Brücke.

gleichzeitiges Wölben an verschiedenen Stellen des Bogens

abschnittsweises Wölben
mit nachträglichem Fugenschluss

an Zementmörtel-Bruchstein-Brücken österreichischer
Eisenbahnen (Arlberg 1884, Tauernbahn 1906)

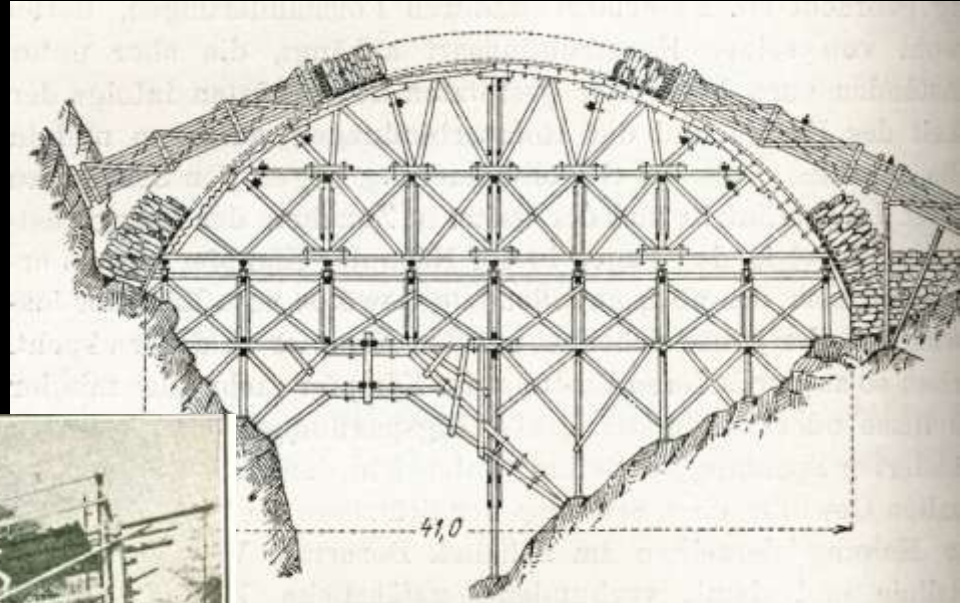
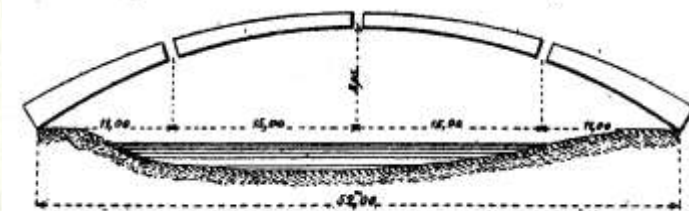


Abb. 97. Wäldlitobelbrücke der Arlbergbahn.

Melan 1911



Pont de Claix sur le Drac. — Fig. 159.

Drac-Brücke Claix 1874
(Résal 1887)

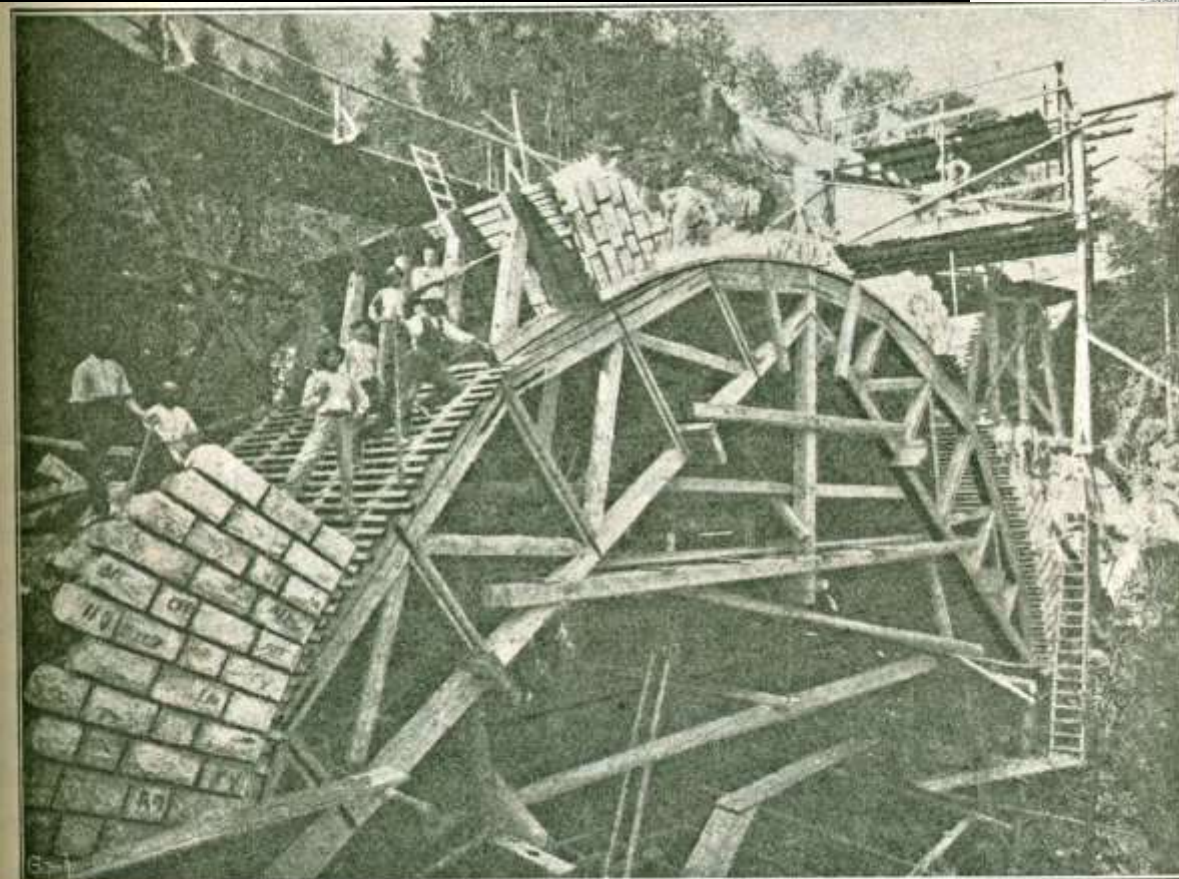
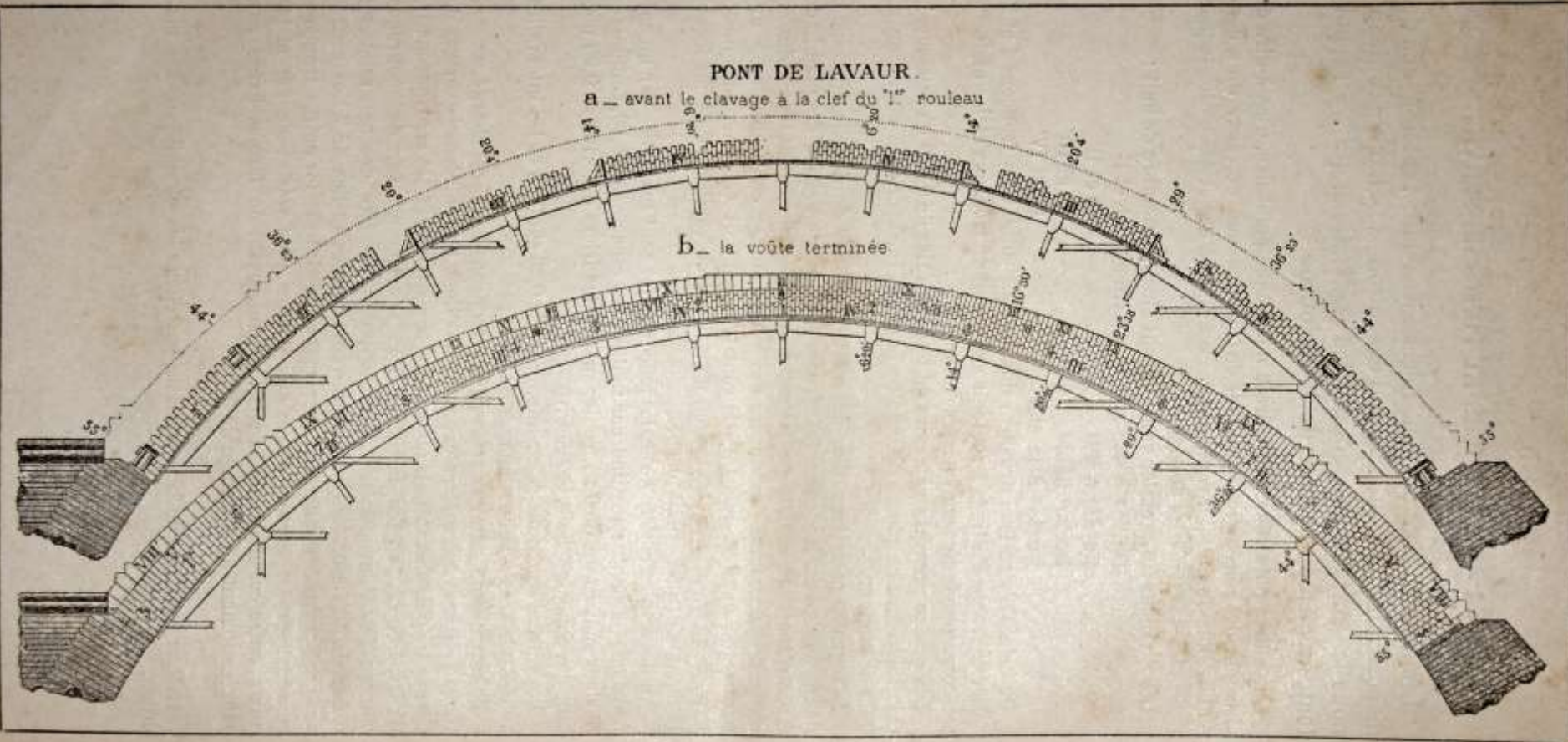


Abb. 98. Mursanger-Viadukt auf der Tauernbahn.

abschnitts- und schichtweise Bogenherstellung



Degrand 1887 nach Séjourné 1886

Kombination von ringschichtweisem und
abschnittsweisem Wölben bei
Zementmörtel-Bruchstein-Brücken

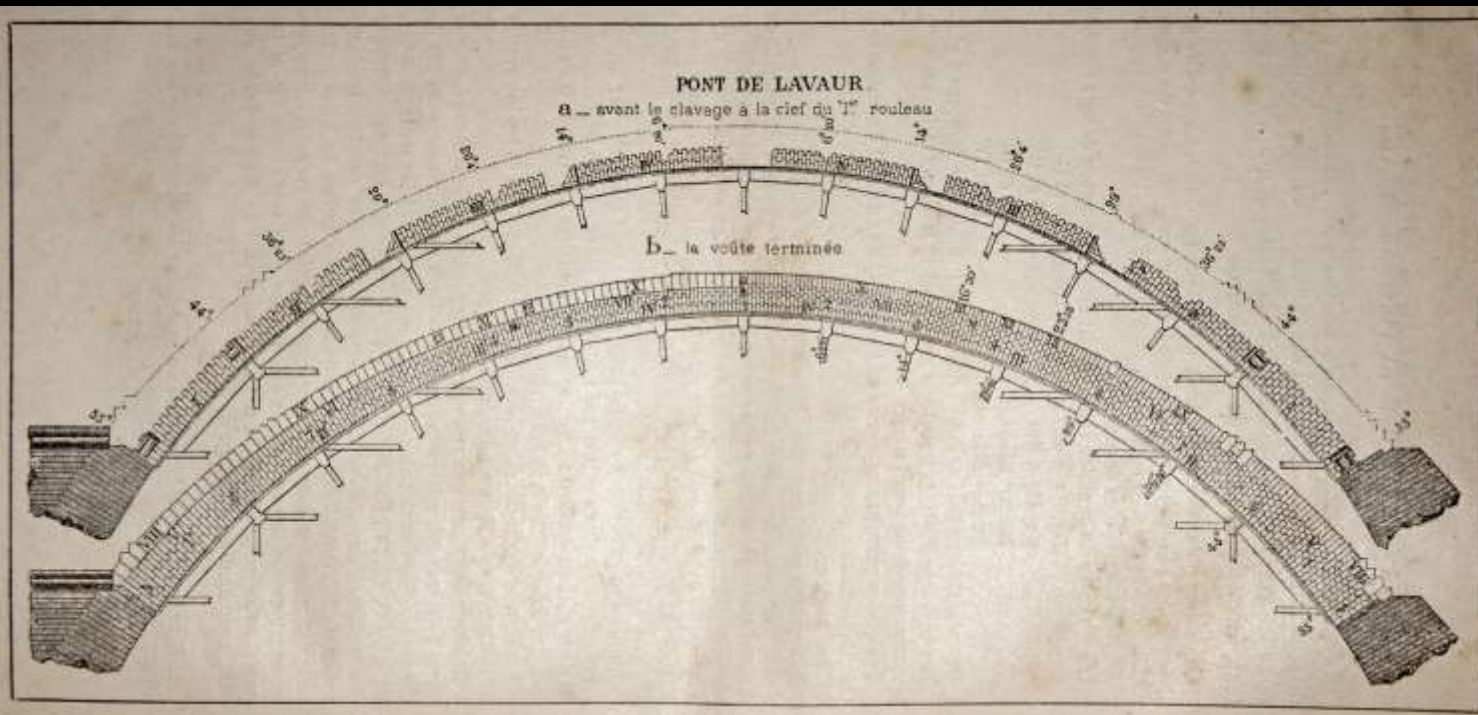
Trotz Ringschichten-Bauweise Verzahnung vorhanden!

Bauweise popularisiert durch Paul Séjourné
(Eisenbahnbrücken Castelet, Lavaur, Antoinette;
Publikation in Annales des Ponts et Chaussées 1886)

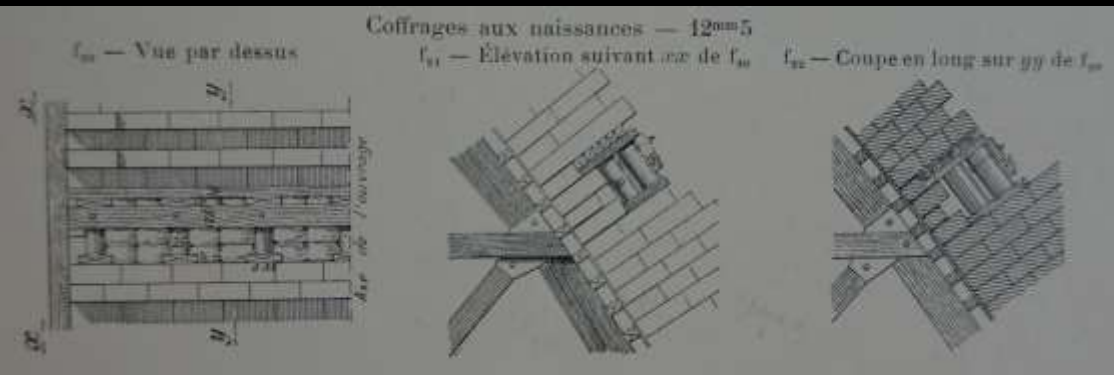
Perfektionierung der Rissvermeidung: Steinbrücken von Paul Séjourné (1851–1939)

Eisenbahnbrücken von Castelet, Lavaur und Antoinette, Südfrankreich, 1882–84

Kombination aller bekannten Techniken zur Rissevermeidung



P. Séjourné:
Grandes Voutes, Bourges 1913
J. Résal:
Ponts en maçonnerie, Paris
1887



abschnitts- und schichtweise Bogenherstellung



abschnittsweises Wölben
mit nachträglichem Fugenschluss

ermöglichte auch die
weitgespannteste
Natursteinbrücke der Welt (90 m),
die 1906 vollendete
Friedrich-August-Brücke
über das Syrtal in
Plauen/Vogtland

Postkarte 1906

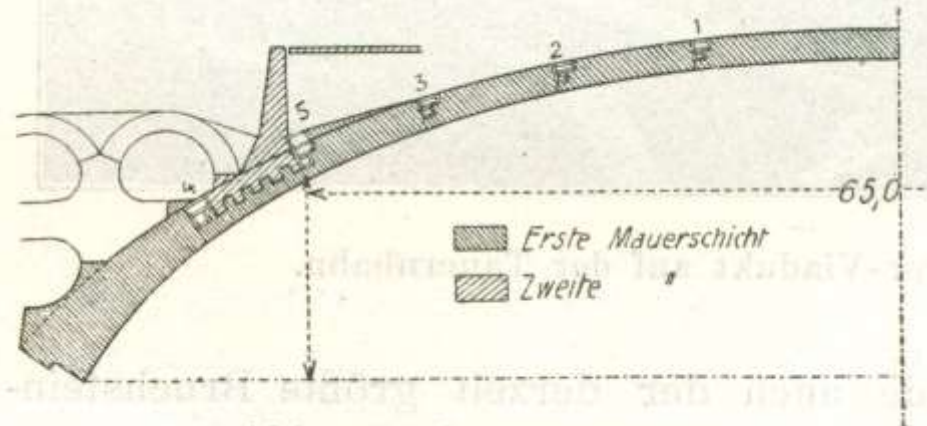
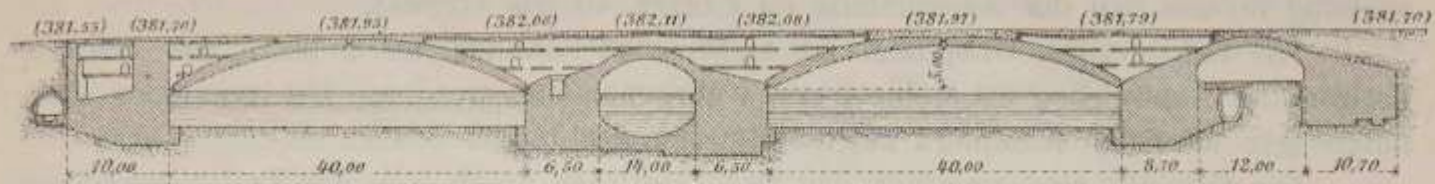


Abb. 100. Syrtalbrücke.

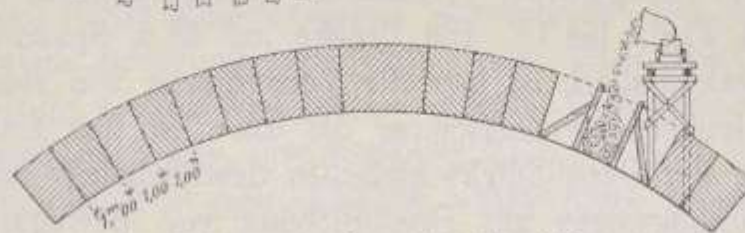
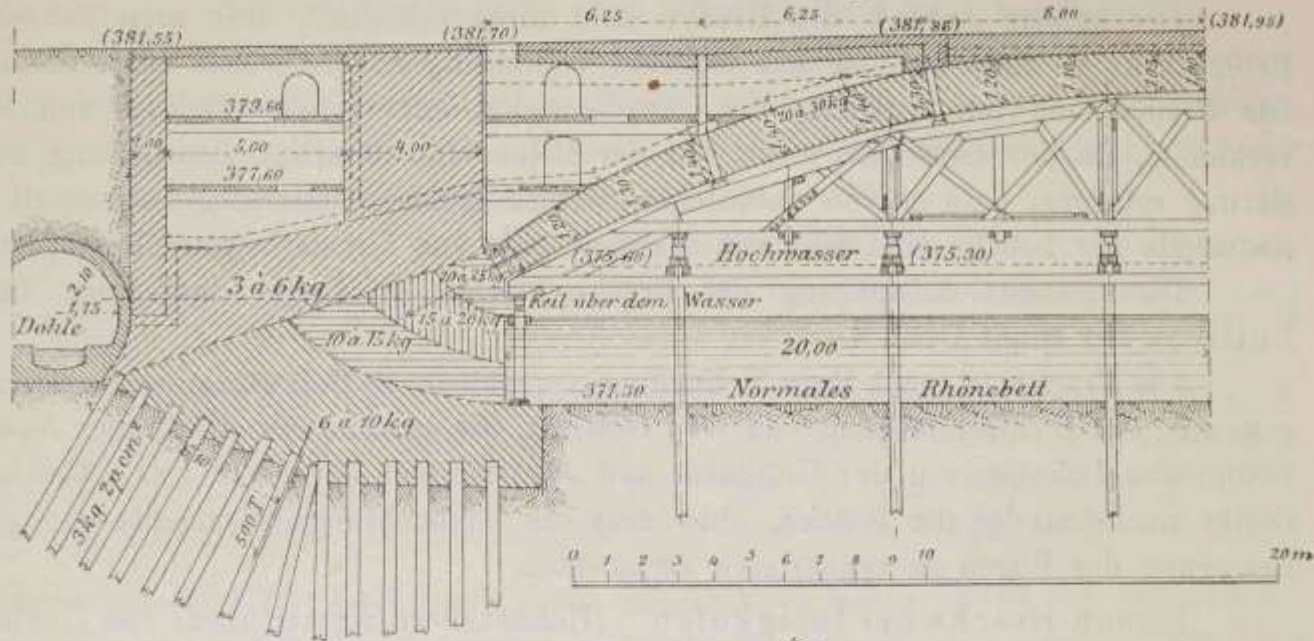
Melan 1911

Fig. 16. *Brücke de la Coulouvrenière über die Rhone in Genf.*

Längenschnitt.



Schnitt durch das linke Widerlager.



Ausführungsweise der Gewölbe.

Auch etwa gleichzeitige (1895) Stampfbetonbrücken wurden in dieser Technik hergestellt (Leibbrand, K. v.: *Gewölbte Brücken*. Leipzig: Engelmann, 1897)



An der Coulouvrenièrebrücke sind heute allerdings keine Spuren dieser Technik mehr ablesbar.

Teufelsgrabenaquädukt

- Beobachtungen an weiteren Abschnittsfugen (Winterfoto, Kontrast verstärkt)



Fugen am Scheitelstück

schwach erkennbare Baufugen (heute undicht, Sickerwasser)

Rettet die Teufelsgrabenbrücke (Stamfbetonauddukt von 1890)!

Bauwerke aus der Frühzeit des Betons sind selten in Deutschland. Um so bedauerlicher ist es, dass jetzt ein hervorragendes Beispiel für die Stamfbetonbauweise der Spitzbaue zum Opfer fallen soll, nämlich die 1890 erbaute Rohrleitungsbrücke der Münchener Mangfall-Ferrowasserleitung. Der Auftrag zum Bau der Brücke über den schloebartigen „Teufelsgraben“ ging an die Baufirma Dyckerhoff und Widmann aus Bielefeld bei Wiesbaden. *Eugen Dyckerhoff* hatte zuletzt 1888 eine große Werbeaktion für den Bau von Trinkwasser-Hochbehältern, Gasbehältern und Brücken aus Stamfbeton gestartet und sollte sich zu einem der wichtigsten Protagonisten der Stamfbetonbauweise ohne Bewehrung in Deutschland entwickeln; bis zum I. Weltkrieg errichtete die Firma zahlreiche unbewehrte Stamfbetonbrücken.

Die ersten Stamfbetonbrücken orientierten sich in Architektur und Bautechnik eng am Vorbild des Steinbrückenbaus. Die Teufelsgrabenbrücke, eine Konstruktion mit vier fast halbkreisförmigen Bögen von je 14 m Spannweite, ist ein muster-gültiger Beleg dafür. Hier, in der eisernen Wäldschloeb, verzichtete man zwar auf eine Werksteinverkleidung, aber die Brücke zeigt Archivolten in Imitation von Rustika-Mauerwerk; die Betonoberflächen wurden hierzu steinmetzmäßig bearbeitet. Bei der Herstellung wurden zunächst die Bogenläufe betoniert. Jeder Bogenlauf bestete aus verschiedenen Betonierschnitten, da man eine gleichmäßige Belastung der Lehergerüste und ein Stampfen des Betons tangentiel zum Bogen ermöglichen wollte. Die mit dem Münchener Wappen, dem „Münchener Knopf“, verzierten Schlusssteine wurden als Fortgleitern in die Schalung eingesetzt. Die Bogenzwickel wurden nach Erhitzen der Bogenläufe in horizontalen Lagen betoniert. Dabei wurden große kreisförmige „Sparöffnungen“ eingesetzt.

Angesichts der fast halbkreisförmigen Bögen und der recht geringen Spannweite verzichtete man bei dem gesamten Bauwerk auf den Einbau von Gelenken oder Bewegungsfugen, so dass die Teufelsgrabenbrücke ein monolithischer Koloss von über 90 m Länge ist. Vermutlich traten daher nach der Erbauung der Brücke im Sommer 1890 schon im ersten Winter die ersten Risse infolge von Temperaturlasten auf. Außerdem ist anzunehmen, dass die massiven Widerlager ein anderes Setzungsverhalten aufwiesen als die recht schlanken Pfeiler. Klaffende Risse zeigen sich heute insbesondere nahe den Scheiteln der beiden äußeren Bögen; diese Risse folgen den Fugen zwi-



schen den Betonierschnitten. Durch die Risse haben sich Scheitelgelenke in den Bögen gebildet, die die Entstehung hoher Zwangsbeanspruchungen verhindern. Leider werden jetzt diese Risse, die es in jeder Steinbrücke ohne Gelenke gibt, als Standsicherheitsrisiko fehlinterpretiert. Die Stadtwerke München haben jüngst Abbruchantrag gestellt, zumal die Brücke seit rund zehn Jahren aufgrund eines neuen Dükers nicht mehr benötigt wird. Der beabsichtigte Abriss wird mit vermeintlicher Einsturzgefahr begründet.

Die Anzahl erhaltener Betonbrücken aus der Zeit vor 1900 ist in Deutschland sehr gering; daher steht die Stadt München als Eigner in einer besonderen kulturellen Verantwortung zur Erhaltung dieses unverfälschten Denkmals. Die Teufelsgrabenbrücke ist ein hervorragendes Zeugnis der Bautechnikgeschichte und der Geschichte der deutschen Bauindustrie. Sie sollte unbedingt erhalten bleiben!

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan M. Holzer
München, den 18. 02. 2010

Ein Aufsatz zur Teufelsgrabenbrücke im technologischen Kontext um 1890 wird folgen. Dabei wird hier auf ausführliche Quellenangaben verzichtet. Bauzeichnungen der Brücke sind veröffentlicht in *Proc. Conf. Mitteilungen über die Wasserversorgung Münchens* anlässlich der Besichtigung der Bauarbeiten durch die städtischen Kollegen, München 1895.

Dieser Aufruf wird unterstützt durch:

Dr. Bill Adair, Barn Hapfeld, London; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Rainer Barthel, TU München; Dr. Dirk Bühler, Abt. Bauwesen, Deutsches Museum München; Univ.-Prof. Dr. Bernhard Barkhoff, TU Braunschweig; Dipl.-Ing. Nicolas Janberg, Struktura, Ratingen; Prof. Dr. Andreas Kahle, FH Potsdam; Univ.-Prof. Dr. Wolfgang König, Technikgeschichte, TU Berlin; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Werner Lorenz, Brandenburgische Technische Universität Cottbus; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Schlaich, Stuttgart; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hartmut Schmidt, Karlsruhe; Dr.-Ing. Heinrich Schneider, Bayerische Ingenieurkammer-Bau, München; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Manfred Schuler, Technische Universität München; Dr.-Ing. Klaus Stiglat, Karlsruhe; Prof. Dr.-Ing. Klaus Trogler, Hochschule Augsburg; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Thaut, RWTH Aachen.

...und viele weitere renommierete Ingenieure und Denkmalpfleger, z. B.:

Prof. Dr. Wolfgang Ebert, Board Member of ERIH - European Route of Industrial Heritage, Prof. Dr. Eberhard Gramlich, Landeskonservator i. R. für Westfalen, Münster; Dr.-Ing. Hans-Rudolf Neumann, Mitglied von ICOMOS Deutschland; Dr.-Ing. Holger Fuiter, Arup Consulting Engineers, Dublin; Dr.-Ing. Rolf Gerhardt, RWTH Aachen; Dipl.-Ing. Kretz Stigmann, ETH Zürich, Institut für Denkmalpflege und Bauforschung; Dr.-Ing. Klaus Brändes, Berlin; Dr. Ulrich Coenen, Jülich; Dipl.-Ing. Eberhard Pfeifer, Hess. Landesamt f. Straßen- und Verkehrswesen; Dipl.-Ing. Norbert Tempel, LWL-Industriemuseum, Dortmund

und der Verlag Ernst & Sohn, Dr.-Ing. Karl-Eugen Kerner, Dr.-Ing. Doris Gessner-Mai, Berlin

Weitere Unterstützer melden sich bitte bei Professor Holzer: Stefan.Holzer@umibw.de

Angesichts der fast halbkreisförmigen Bögen und der recht geringen Spannweite verzichtete man bei dem gesamten Bauwerk auf den Einbau von Gelenken oder Bewegungsfugen, so dass die Teufelsgrabenbrücke ein monolithischer Koloss von über 90 m Länge ist. Vermutlich traten daher nach der Erbauung der Brücke im Sommer 1890 schon im ersten Winter die ersten Risse infolge von Temperaturlasten auf. Außerdem ist anzunehmen, dass die massiven Widerlager ein anderes Setzungsverhalten aufwiesen als die recht schlanken Pfeiler. Klaffende Risse zeigen sich heute insbesondere nahe den Scheiteln der beiden äußeren Bögen; diese Risse folgen den Fugen zwischen den **Betonierabschnitten**. Durch die Risse haben sich Scheitelgelenke in den Bögen gebildet, die die Entstehung hoher Zwangsbeanspruchungen verhindern. Leider werden jetzt diese Risse, die es in jeder Steinbrücke ohne Gelenke gibt, als Standsicherheitsrisiko fehlinterpretiert. Die Stadtwerke München haben jüngst Abbruchantrag gestellt, zumal die Brücke seit rund zehn Jahren aufgrund eines neuen Dükers nicht mehr benötigt wird. Der beabsichtigte Abriss wird mit vermeintlicher Einsturzgefahr begründet.



Teufelsgrabenaquädukt

- Es sind aber noch längst nicht alle Details geklärt.
- Genauer Verlauf der Abschnittsfugen?
- Herstellungstechnik der architektonischen Gliederung?
- Neue Besichtigungen am 13. und 24. April 2010 ...





Personenverkehr
unter dem
Aquidukt
im
Teufelsgrabenweg

Noch einmal genauer hinsehen (24. April 2010)

Personengefährdung

unter dem
Aquädukt

im
Teufelsgrabenweg

Noch einmal genauer hinsehen (24. April 2010)
(inzwischen verbotenerweise ...)



Noch einmal genauer hinsehen (24. April 2010)
(kein abgestürztes Stück Aquädukt!)



Noch einmal genauer hinsehen (24. April 2010)
(inzwischen verbotenerweise ...)



Noch einmal genauer hinsehen (24. April 2010)
(ein bisschen bröckelt es schon)



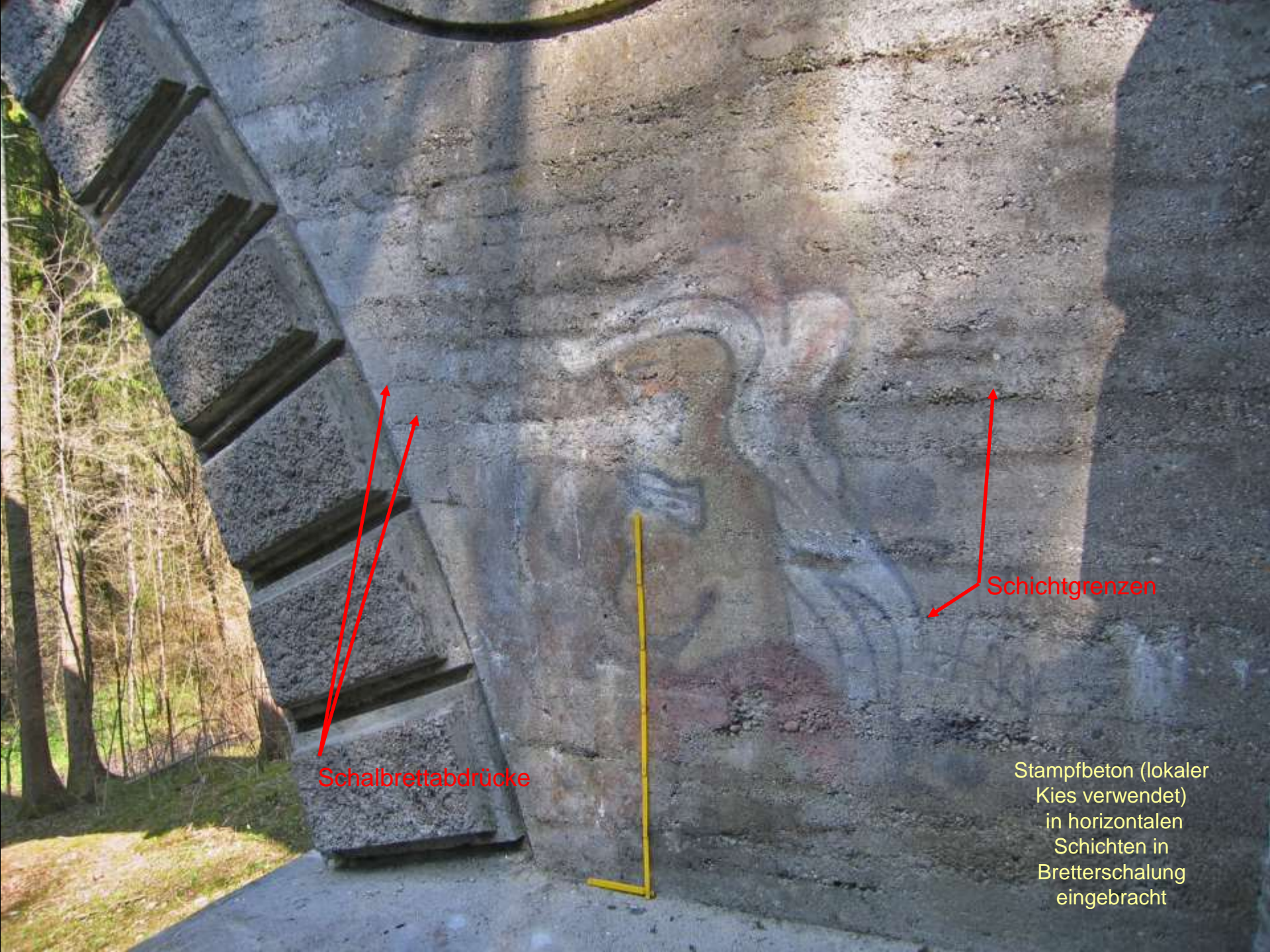
Es bröckelt ... (24. April 2010)
(... aber primär vom Gesims!)



Im Streiflicht werden Schalbrettspuren sichtbar



Spuren des schichtweisen Einbringens und Stampfens des Betons in horizontalen Lagen



Schalbrettabdrücke

Schichtgrenzen

Stampfbeton (lokaler
Kies verwendet)
in horizontalen
Schichten in
Bretterschalung
eingebracht



Spuren des schichtweisen Einbringens und Stampfens des Betons in horizontalen Lagen von 15 cm





Abgetrepte Fugen sind
„Tagwerksfugen“
(Unterbruch des
Betonierens über
Nacht)



Abgetrepte Fugen sind „Tagwerksfugen“ (Unterbruch des Betonierens über Nacht)

CONSTRUCTIONS
CIVILES, MARITIMES & MILITAIRES

LE
BÉTON
ET SON EMPLOI

MATÉRIAUX — CHANTIERS — COFFRAGES
PRIX DE REVIENT — APPLICATIONS

PAR
Armand MAHIELS

INGÉNIEUR CIVIL
SPÉCIALISÉ À LA CONSTRUCTION DES PORTS EN LA MER,
ACCÉDÉ À UN BREVET

(Mahiels 1893)



LIÈGE
AUG. BÉNARD, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
31, RUE COMBAUX LA-BÈVE, 15

Raccordements. — La mise en œuvre doit être réglée de manière à ramener, autant que possible, les raccordements sur les parties les plus robustes de la construction. Les reprises seront donc faites sur les murs pleins, sur les piédroits, sur les culées.

Il importe d'éviter la superposition directe des soudures, c'est-à-dire qu'il faudra veiller à ce que des reprises, exécutées à diverses époques, ne se trouvent pas sur la même verticale.

Les raccordements se font en escaliers. Cette forme est préférée à celle du redan incliné ; celui-ci offre pourtant un moindre développement de surface,

mais il peut devenir plan de glissement si le travail de jonction a été fait d'une façon défectueuse.

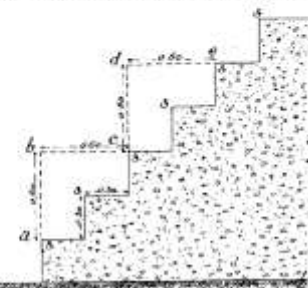
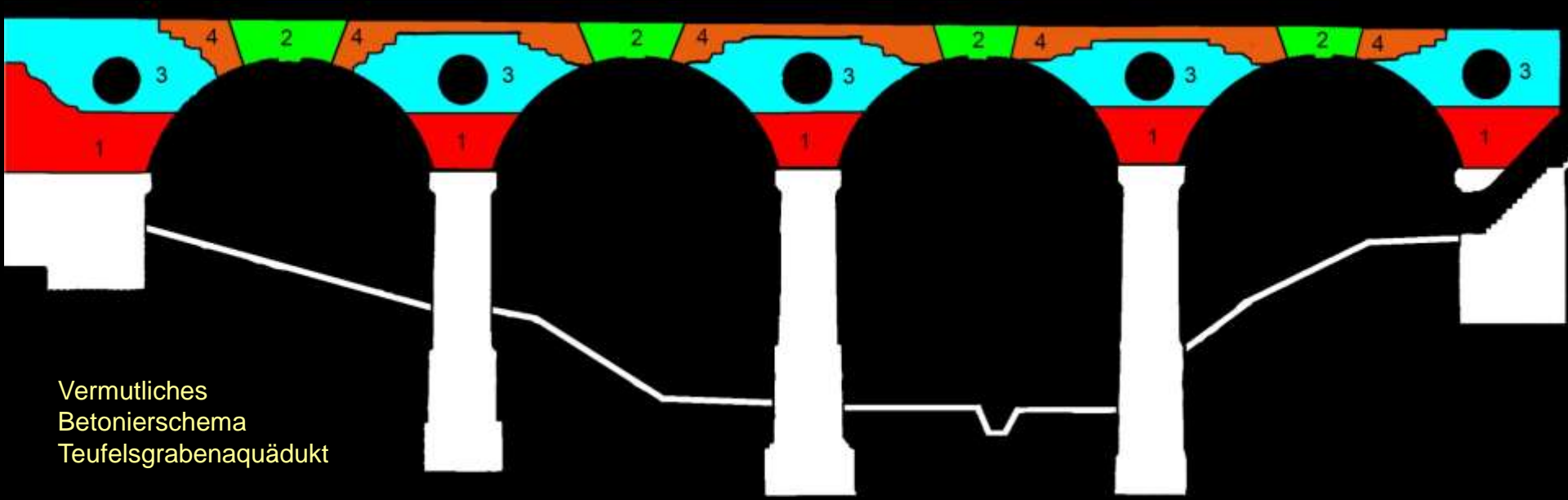


Fig. 23.

Les gradins de raccordement ont généralement une hauteur supérieure à celle des couches ; ainsi, les gradins (fig. 23) de profil



Vermutliches
Betonierschema
Teufelsgrabenaquädukt

Bauverfahren

- Stampfbeton ohne Rücksicht auf Bogengeometrie durchgängig in horizontalen Lagen gestampft
- Nach Betonierung der Kämpfer Lehrgerüst im Scheitel durch Betonieren eines eigens abgeschalteten "Scheitelstückes" belastet
- Bogenschluss erfolgt ganz spät in allen Jochen gleichzeitig

Folgen

- Risse heute bevorzugt längs der beiden geschalteten Betonierfugen im Scheitel (Sollbruchstelle)!

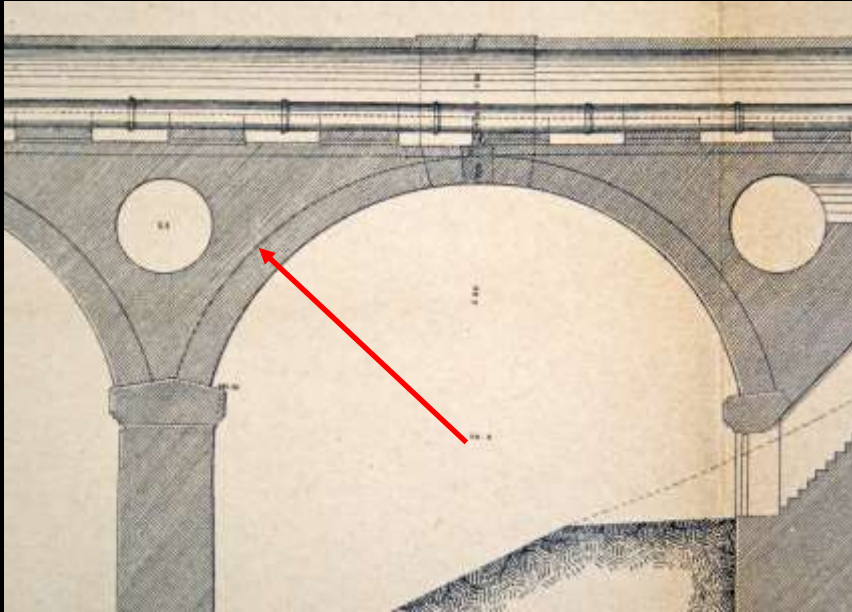


Bauverfahren

- Stampfbeton ohne Rücksicht auf Bogengeometrie durchgängig in horizontalen Lagen gestampft
- Nach Betonierung der Kämpfer Lehrgerüst im Scheitel durch Betonieren eines eigens abgeschalteten "Scheitelstückes" belastet
- Bogenschluss erfolgt ganz spät in allen Jochen gleichzeitig

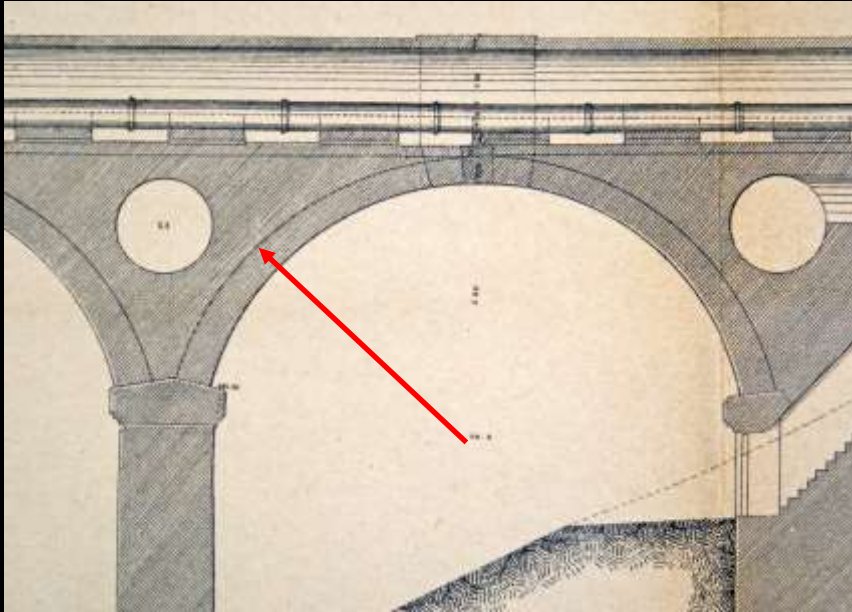
Folgen

- Risse heute bevorzugt längs der beiden geschalteten Betonierfugen im Scheitel (Sollbruchstelle)!



Schichten des Stampfbetons laufen nicht in die
Quaderspiegel





Schichten des Stampfbetons laufen nicht in die
Quaderspiegel
Aber auch keine Anzeichen für getrenntes Betonieren
des Bogens





Besichtigungen vom 13. und 24. April 2010:
Wie sind eigentlich die „Bossenquader“ gemacht?



Besichtigungen vom 13. und 24. April 2010:
Wie sind eigentlich die „Bossenquader“ gemacht?



Besichtigungen vom 13. und 24. April 2010:
Wie sind eigentlich die „Bossenquader“ gemacht?



Besichtigungen vom 13. und 24. April 2010:
Wie sind eigentlich die „Bossenquader“ gemacht?



Besichtigungen vom 13. und 24. April 2010:
Wie sind eigentlich die Schlu„Bossenquader“ gemacht?



Besichtigungen vom 13. und 24. April 2010:
Wie sind eigentlich die „Bossenquader“ gemacht?



Besichtigungen vom 13. und 24. April 2010:
Wie sind eigentlich die „Bossenquader“ gemacht?



Besichtigungen vom 13. und 24. April 2010:
Wie sind eigentlich die „Bossenquader“ gemacht?



Besichtigungen vom 13. und 24. April 2010:
Wie sind eigentlich die „Bossenquader“ gemacht?



Besichtigungen vom 13. und 24. April 2010:
Wie sind eigentlich die „Bossenquader“ gemacht? -> Eingesetzte, vofabrizierte Teile!

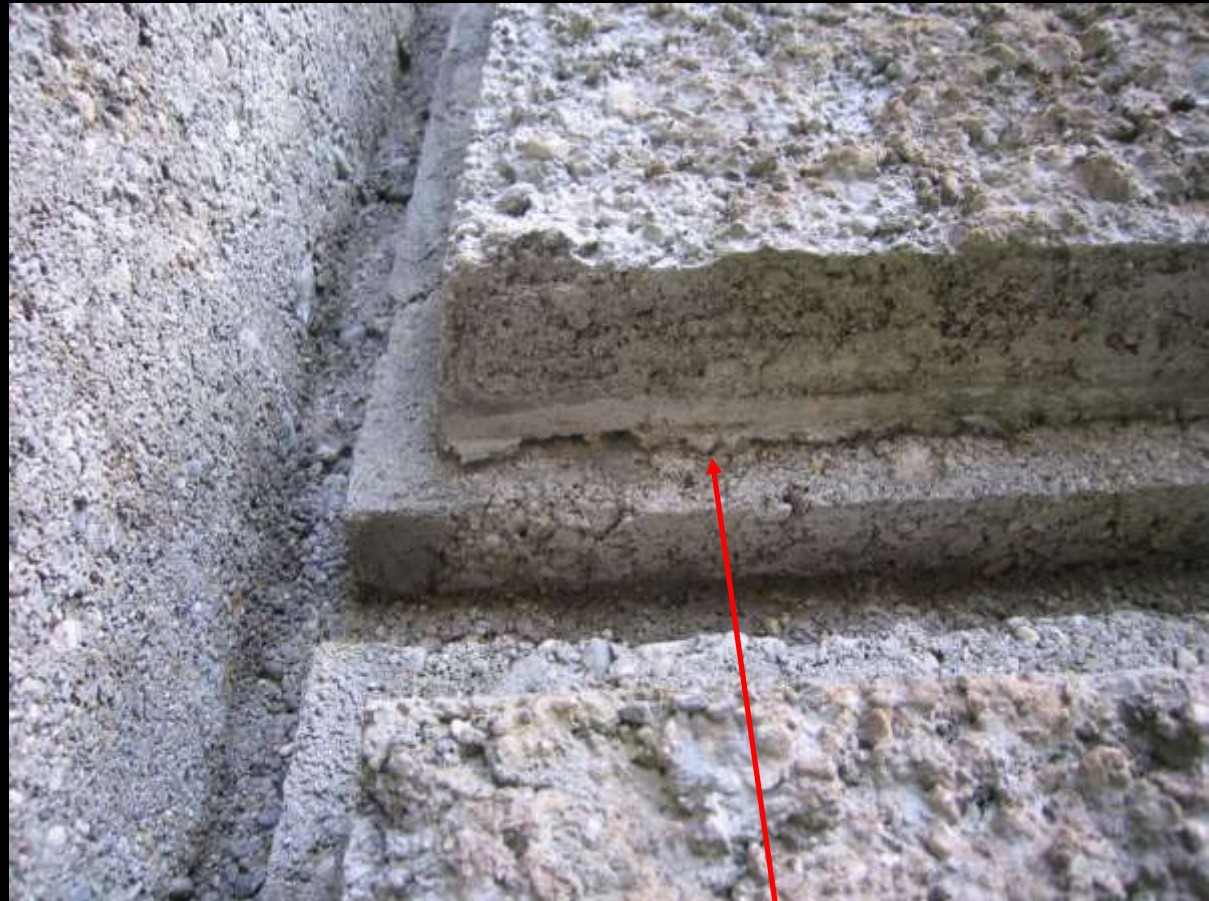
Herstellung der architektonischen Gliederungen

- "Bossenflächen" und skulptierte "Schlusssteine" wurden als vorbereitete Elemente versetzt



Fuge des
Vorsatzelementes

Stampfbetonlagen laufen nicht
durch Bossenspiegel!



herausgelaufener Versatzmörtel?

Bossenspiegel zeigen keine Spuren steinmetzmäßiger Bearbeitung, sondern sind aus feinem Zementmörtel mit eingestreutem Kies liegend betoniert (nachträglich eingesetzte "Fertigteile"?)



Besichtigungen vom 13. und 24. April 2010:
Und die Schlusssteine?



Besichtigungen vom 13. und 24. April 2010:
Und die Schlusssteine? ->ebenfalls eingesetzte vofabrizierte Teile

Herstellung der architektonischen Gliederungen

- Auch die "Schlusssteine" sind Fertigelemente aus feinem Zementmörtel



Hoffnungsschimmer für Baudenkmal?

Aquädukt in Grub: SWM prüfen Tipp für Erhalt

VON KATRIN HAGER

Grub – Es ist Zeuge einer Zeit, in der eine saubere Trinkwasserversorgung für Tausende Menschen eine neue Errungenschaft der Zivilisation war. Das Aquädukt der Stadtwerke München (SWM), das sich auf fünf Bögen über den Teufelsgraben bei Grub streckt, steht unter Denkmalschutz. Allerdings bröckelt der Zeitzeuge aus dem ausgehenden 19. Jahrhundert. So sehr, dass der Gemeindegeweg darunter aus Sicherheitsgründen gesperrt werden musste – trotz Holzverschlag. Doch viele Wanderer halten sich nicht daran, weiß Valleys Bürgermeister Andreas Hallmannsecker. Jetzt schreiten die Stadtwerke zur Tat: Der Weg wird auf 20 Metern eingehaust.

Bei der Bürgerversammlung hatte Hallmannsecker bekannt gegeben, dass die Gemeinde die Stadtwerke im Mai schriftlich aufgefordert hatte, dafür zu sorgen, dass der Weg wieder geöffnet werden kann. „Es ist Bewegung reingekommen“, freut sich Hallmannsecker. „Zwischen Ende August und Mitte September wird mit dem Schutzbau begonnen.“

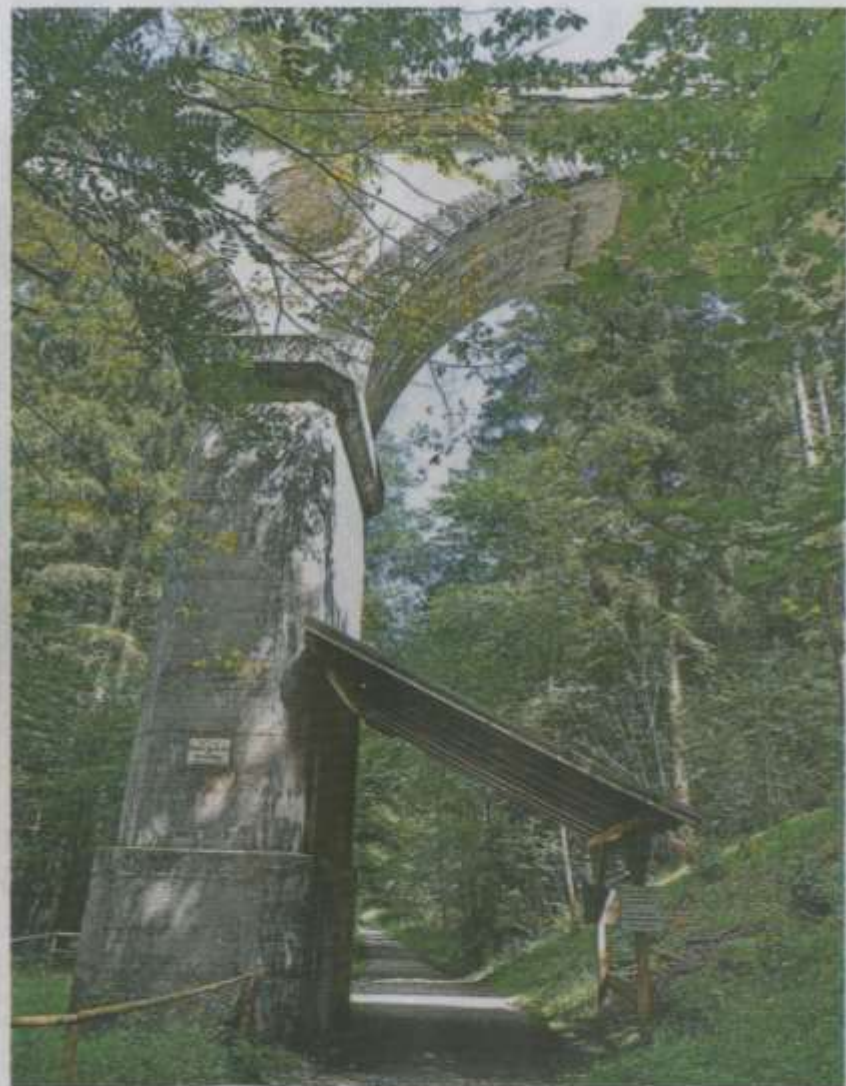
Das bestätigt ein Sprecher der Stadtwerke München. „Gebaut werden eine Holzverkleidung und ein Holzdach, damit der Weg geöffnet werden kann.“ Derzeit werde die Statik überprüft. „Der Bau wird so hoch, dass auch ein Traktor durchfahren kann“, erklärt der Sprecher. Allerdings betont er, dass es sich um eine „Übergangslösung“ handelt. „Unser Antrag auf Rückbau steht noch“, so der SWM-Sprecher.

Anfang des Jahres hatten die Stadtwerke wie berichtet einen Antrag auf Abriss gestellt. Ein Gutachten hatte dem Baudenkmal mangelnde Standsicherheit bescheinigt. Und eine Sanierung, so hieß es, sei aufgrund der Konstruktion viel zu teuer und zu aufwändig. Damals sagte der Sprecher der SWM bildhaft, man müsste das Bauwerk schon in Acryl gießen, um es in seiner Besonderheit zu erhalten. Das Aquädukt ist eines der wenigen Bauwerke aus so genanntem Stampfbeton, das nach mehr als einem Jahrhundert noch steht.

Allerdings zeichnet sich nun doch ein fahler Hoffnungsschimmer am Horizont ab, dass das Wahrzeichen eine Zukunft haben könnte.

„Wir haben einen Hinweis bekommen, dass es eine Möglichkeit geben könnte“, berichtet der SWM-Sprecher. „Wenn das stimmt und die Lösung finanziell zumutbar ist, werden wir das Aquädukt erhalten.“ Um welche Methode es sich handle und von wem der Hinweis stammt, will der SWM-Sprecher mit Verweis auf die laufende Prüfung nicht sagen.

Fest steht jedenfalls: Das Landesamt für Denkmalschutz fordert nach wie vor den Erhalt. „Die Bedeutung des Denkmals ist seit Anfang des Jahres nicht kleiner geworden“, betont Sprecher Richard Nemeč. Es werde nach einem Konzept gesucht, wie das Aquädukt erhalten werden kann. Jüngst habe das Amt Pläne des Aquädukts aus dem Jahr 1895 entdeckt; damals stand das Bauwerk, das bis 1998 noch Trinkwasser aus dem Mangfalltal nach München leitete, gerade einmal fünf Jahre. Die Konstruktion, die die alten Aufzeichnungen belegen, bringt Nemeč ins Schwärmen: „Das lehnt sich an die Konstruktion mittelalterlicher Brücken mit Steinsegmenten an.“ Die Gestaltung greift Vorbilder der Klassik auf.



Imposanter Zeitzeuge: das Aquädukt bei Grub. Weil sich aus dem Baudenkmal Brocken lösen, ist der Gemeindegeweg darunter aus Sicherheitsgründen gesperrt. Demnächst soll der kleine Verschlag durch eine sichere Konstruktion ersetzt werden.

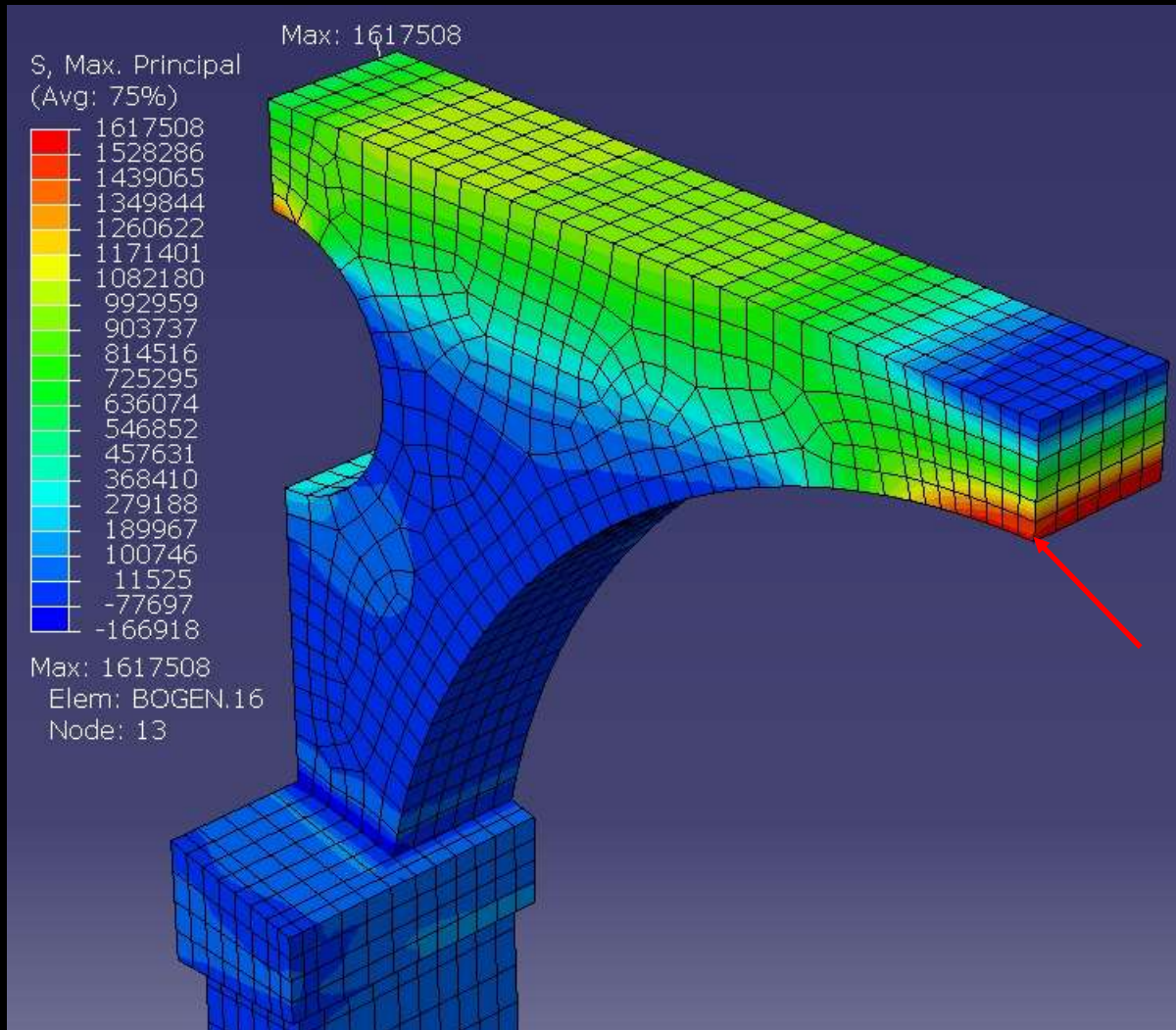
FOTO: KUTTENBERG

DORFFESTE

POLIZEIBERICHT

Standicherheit heute

- Finite-Elemente-Berechnung ohne Berücksichtigung der Betonierfugen ergibt große, nicht aufnehmbare Zugspannungen
- Ingenieurbüro, das die Brückenprüfung durchgeführt hat, hat Einsturzgefahr konstatiert



Nachrechnung der Statik des
Aquäduktes (Master-Arbeit
UniBwM, J. Ley, 2011)

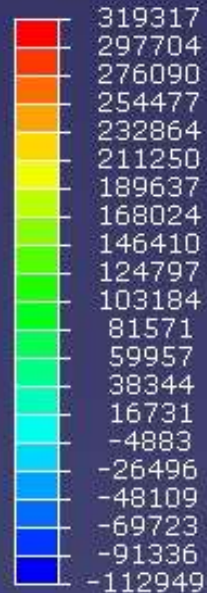
Simulation mit Materialmodell
"Beton/Plastizität und Schädigung"
ergibt
bei monolithisch angenommenem
Tragwerk
nicht aufnehmbare Zugspannungen
im Bogenscheitel

Maßgebender Lastfall: Temperatur
(Winter)

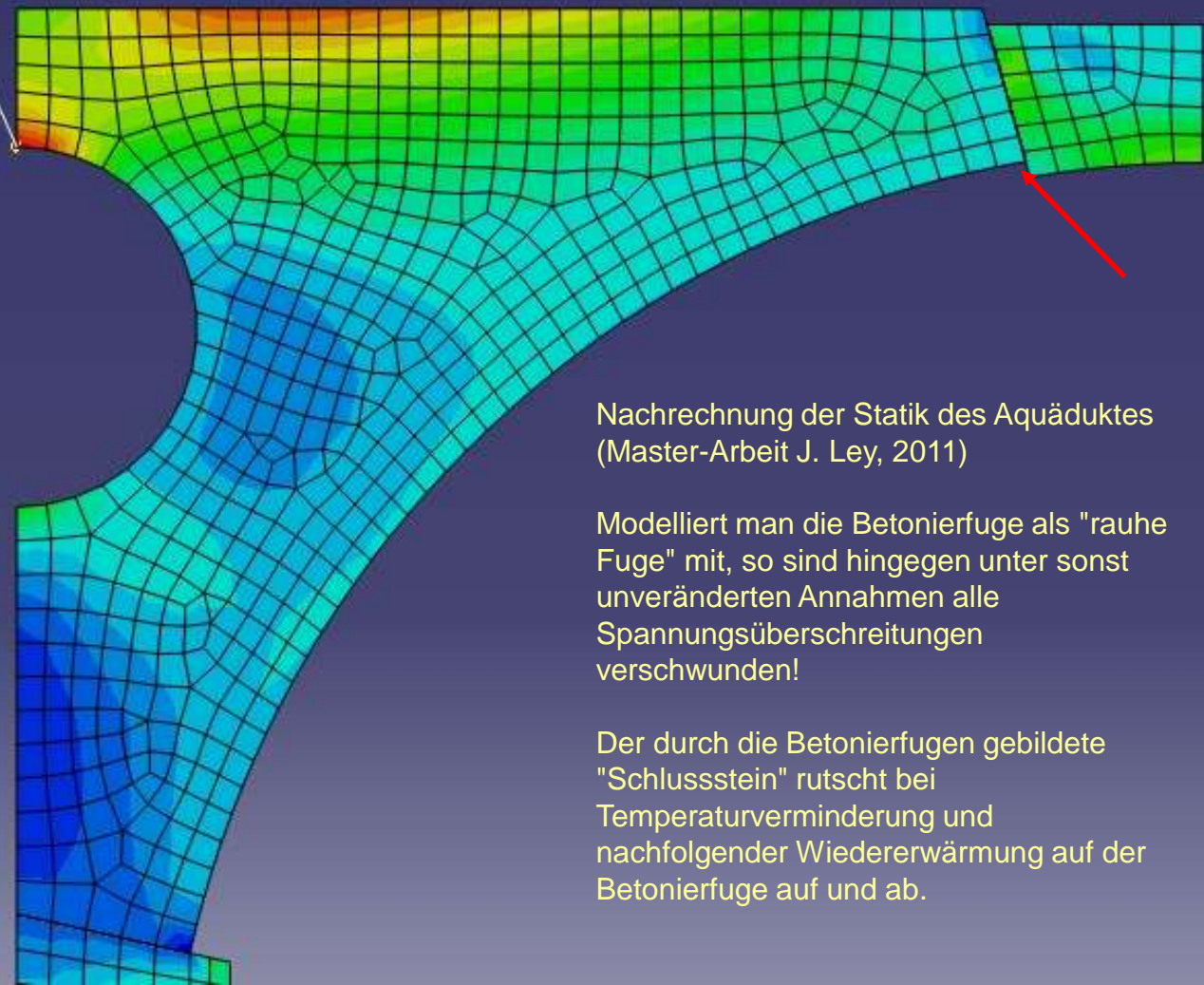
Standicherheit heute

- Die Situation stellt sich jedoch völlig anders dar, wenn man die vorhandenen Betonierfugen berücksichtigt

S, Max. In-Plane Principal Max: 319317
(Avg: 75%)



Max: 319317
Elem: BOGEN2D.100
Node: 15



Nachrechnung der Statik des Aquäduktes
(Master-Arbeit J. Ley, 2011)

Modelliert man die Betonierfuge als "rauhe Fuge" mit, so sind hingegen unter sonst unveränderten Annahmen alle Spannungsüberschreitungen verschwunden!

Der durch die Betonierfugen gebildete "Schlussstein" rutscht bei Temperaturverminderung und nachfolgender Wiedererwärmung auf der Betonierfuge auf und ab.



Ein Sicherungsgerüst ist installiert (29. August 2012)

adina (011) 53 01-124
ayern@ayern.de
06913 0648 54

hat, sondern eine Herausforderung. Geleitet wird auch im Sommer. Immer am ersten

der Ausgestaltung von den der Französischen Revolution

UNSERE DENKMÄLER „Rettet den Aquädukt“

Es schaut aus wie eine Hinterlassenschaft der Römer in Bayern. Aber weit gefehlt: Der hübsche Aquädukt, der sich in Bögen 92 Meter lang und bis zu 19 Meter hoch über den Teufelsgraben spannt, ist vergleichsweise jung. Das Bauwerk bei Grub, einem Ortsteil von Valley im Landkreis Miesbach, war ein Teil der Münchner Wasserleitung. Es wurde im Sommer 1890 von Dyckerhoff & Widmann aus Stampfbeton errichtet, wobei der Kies einfach der nahen Mangfall entnommen wurde. 1998 wurde der Aquädukt außer Betrieb genommen. Das Bauwerk ist also außer

hat das trotzdem nicht sonderlich beeindruckt. Weil vom Beton größere Stücke abplatzten, schien die Sicherung des Bauwerks zu unwirksam. Am liebsten hätte die Stadt es einfach abgerissen. Doch eine von Universitätsprofessor Stefan M. Holzer gegründete Initiative engagierte sich für das Denkmal: „Rettet den Teufelsgraben-Aquädukt“, hieß der Aufruf. „Bauwerke aus der Frühzeit des Betons sind selten in Deutschland“, schrieb Holzer, der seinen Aufruf in der gesamten Fachwelt Deutschlands zirkulieren ließ. Zahlreiche Professoren haben ihn



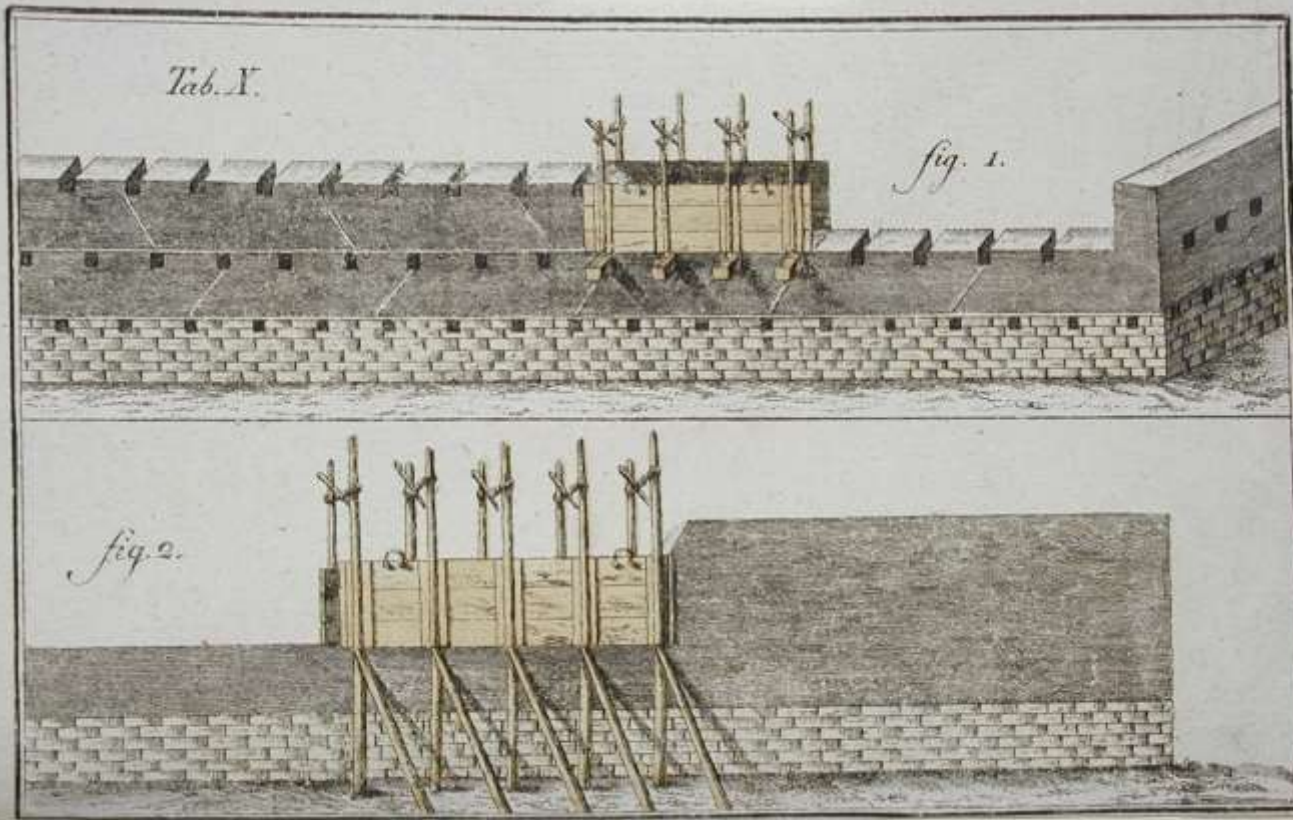
Römische Anwendungen: der Aquädukt von Grub.

Funktion, steht aber unter Denkmalschutz, und zwar schon seit 1975. Das Landesamt für Denkmalpflege rühmt die ungewöhnlich aufwändige architektonische Gestaltung, die Brückenbögen haben eine Naturstein-Quaderung, eine Imitation von Rustika-Mauerwerk. Auch das Münchner Klimil ist in der Brücke verewigt. Die Stadtwerke München

dans unterzeichnet. Die Brücke sei ein hervorragendes Zeugnis der Bautechnikgeschichte, sie „sollte unbedingt erhalten bleiben“. Holzer kam zu einem eindeutigen Ergebnis: „Eine globale Einstufungsgefahr existiert nicht.“ Wohl aber gebe es Sanierungsbedarf. Die Stadtwerke suchen jetzt nach Wegen, das Bauwerk kostenschonend zu erhalten.

Ein spätes Echo auf den Aufruf zum Erhalt (Juni 2013) (passiert ist bis heute ... nichts!)

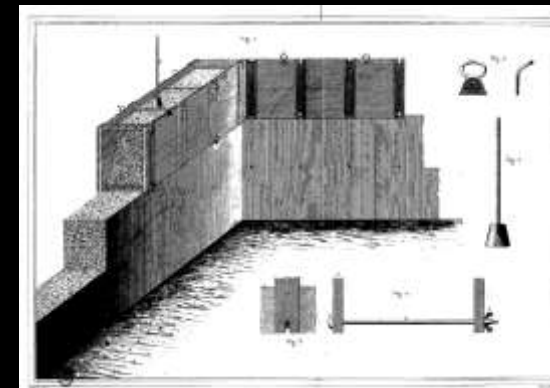
Pisé und Stampfbeton



Cointereaux 1792

Die Stampflehmbauweise – in der Spätaufklärung in Frankreich und Deutschland als billige und feuersichere Bauweise propagiert (Cointereaux, David Gilly, Jean Rondelet) – lieferte das Vorbild für die Herstellungstechnik des Stampfbetons.

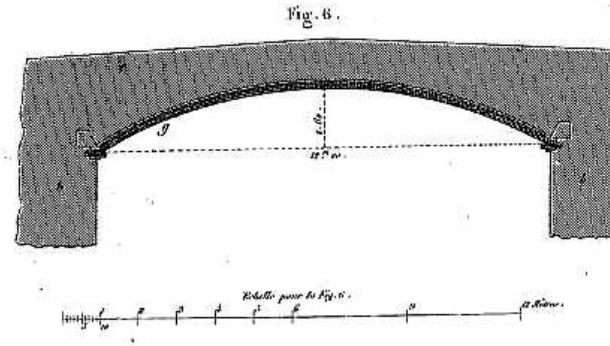
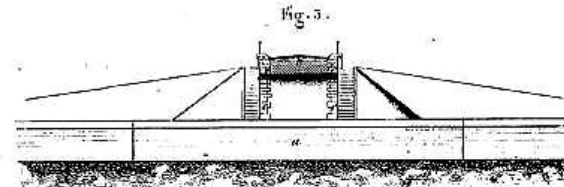
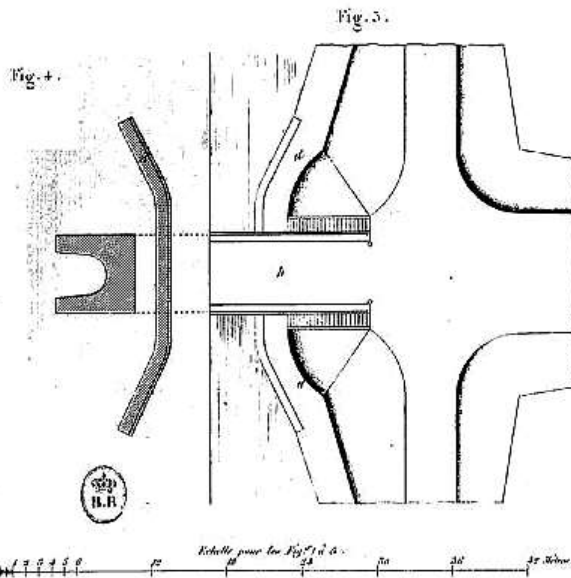
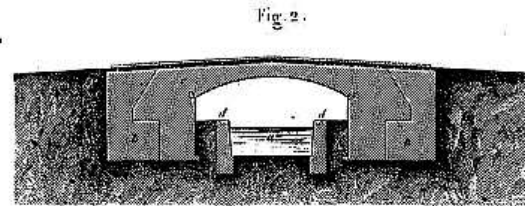
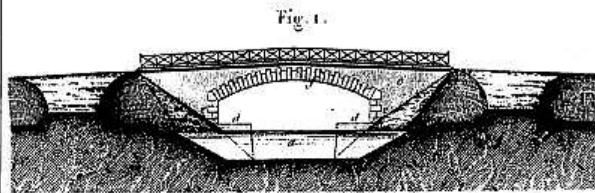
In den 1830er Jahren ersetzte Lebrun den Lehm als Bindemittel durch Vicat-Zement.



Lebrun 1843

Stampfbeton – Brückenbau

Pl. V.



Échelle pour les Figs 1 à 3. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

Échelle pour la Fig. 5. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

Lebrun del.

Ed. Lebrun del. et sculp.

PONT EN BÉTON CONSTRUIT À GRISOLLES, DÉP. DE TARN ET GARONNE, SUR LE CANAL LATÉRAL À LA GARONNE, PAR M. LEBRUN, ARCHITECTE À MONTAUBAN.

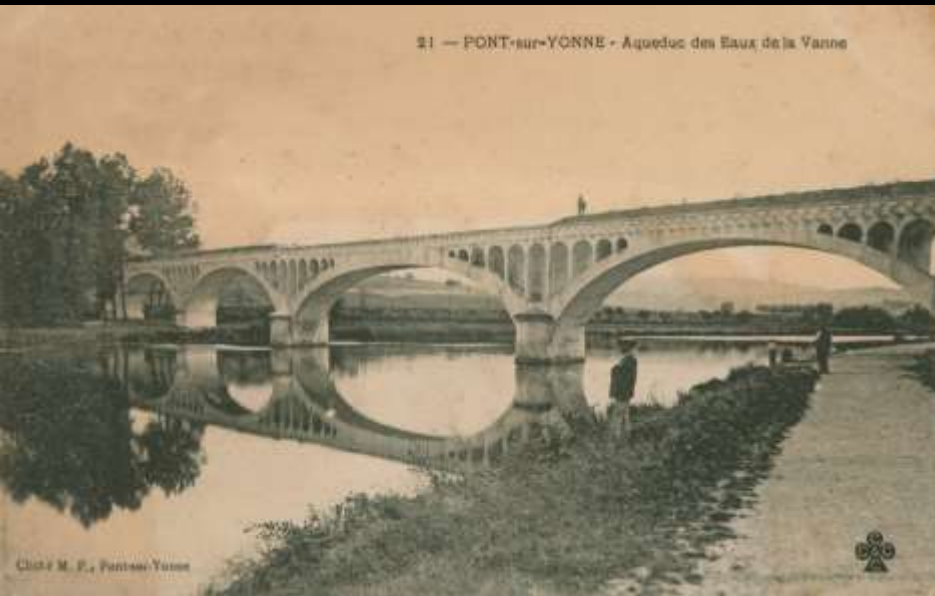
Brücke über den Garonne-Seitenkanal bei Grisolles
12 m, 1840

Lebrun 1843

Die ersten Stampfbetonbrücken wurden durch F.-M. Lebrun ab 1835 in der Nähe von Montauban erbaut (sichtbarer Bogenlauf aus Ziegelmauerwerk)

Das erste Stampfbeton-Brückenbau-Großprojekt: Vanne-Aquädukt

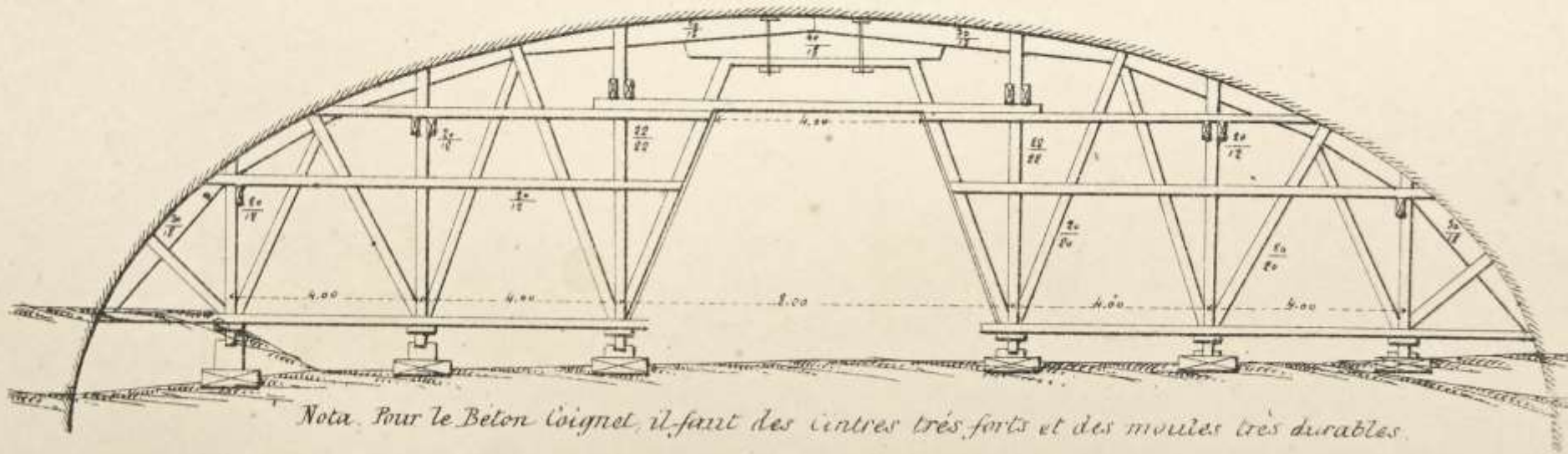
Aquädukte der Wasserversorgung von Paris
1873
bis 40 m Spannweite



Postkarten um 1900

Das erste Stampfbeton-Brückenbau-Großprojekt: Vanne-Aquädukt

Fig. 9. Cintre de 30^m d'ouverture, à 0,005 p.m.

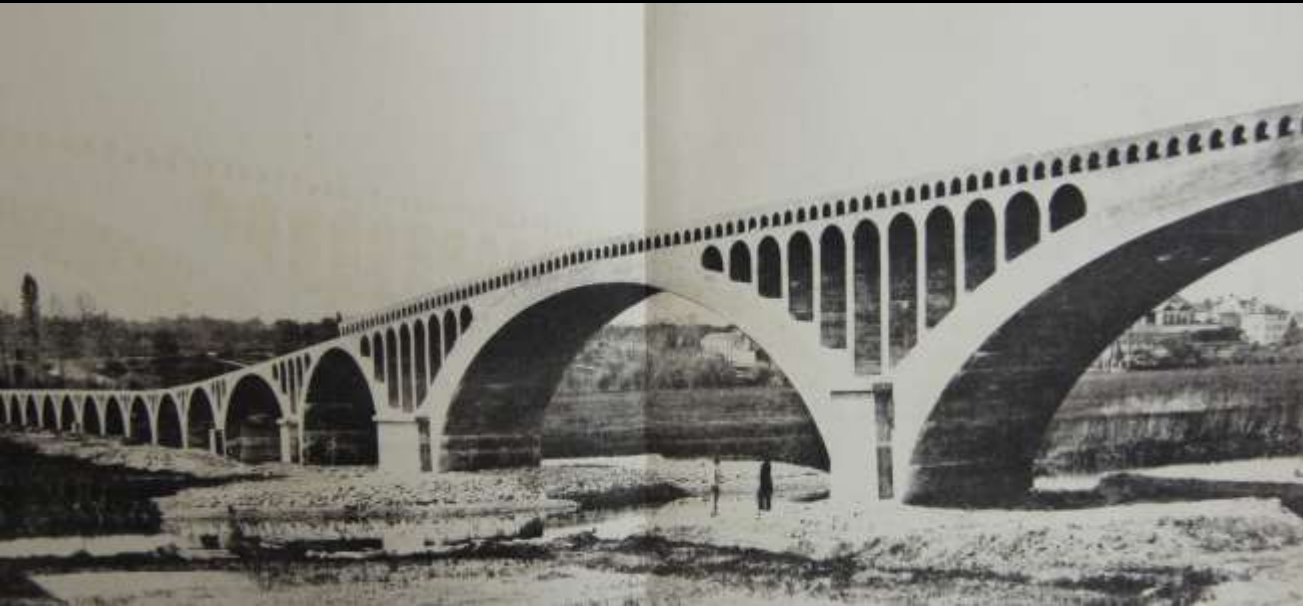


Nouvelles Annales de la Construction 1873

Vanne-Aquädukt: Loing-Brücke bei Moret
Lehrgerüst

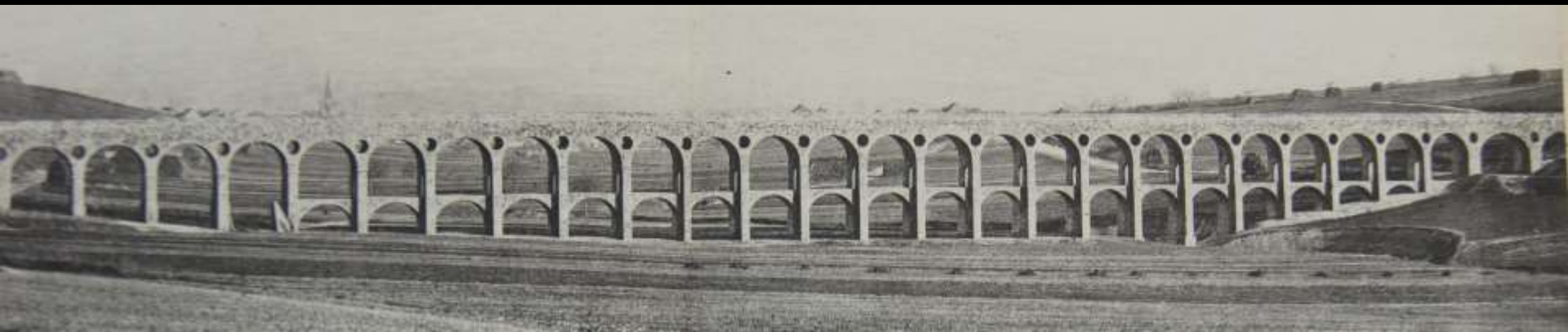
Stampfbeton und Aquäduktbau

- System "Coignet", aktiv betrieben ab 1861
- erste große Anwendung beim Bau der Pariser Vanne-Aquädukte 1870–1874
- alle Varianten von "Bruchstein-Zementmörtel-Bauweise" bis "Stampfbeton"
- bis 40 m Spannweite
- manche Brücken stürzten beim Ausschalen mehrfach ein



Aquädukte von Moret und Pont-sur-Yonne

Belgrand: Les travaux souterrains de Paris: Les eaux nouvelles, Paris 1882.



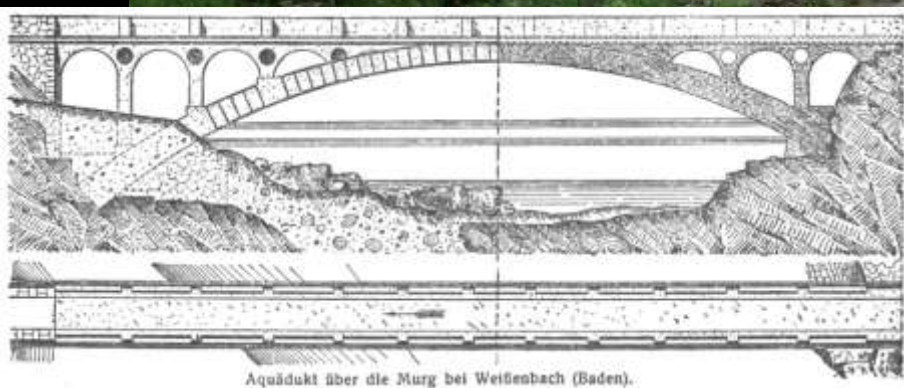
Das erste Stampfbeton-Brückenbau-Großprojekt: Vanne-Aquädukt



(Wikimédia.fr, elektron. nachbearbeitet)

Vanne-Aquädukt: Loing-Brücke bei Moret
Stampfbetonschichten laufen waagrecht über ganze Brücke durch

Übernahme der Stampfbeton-Aquädukt-Idee nach Deutschland



Murg-Aquädukt Forbach-Langenbrand
(40 m, 1885)

Übernahme der Stampfbeton-Aquädukt-Idee nach Deutschland



Murg-Aquädukt:
Indizien einer abschnittswise-
weisen Betonierung
mit nachträglichem Gewölbeschluss

Innovation im Verborgenen: Bruchsteinmauerwerk oder Stampfbeton?



"Der nicht sichtbare Theil des Gewölbes wurde im Trockenem aus Beton im Verhältnis von 1 Portlandcement zu 3 Sand und 6 Sandsteinschotter unter Zugabe von 30 pCt. großen Sandsteinbrocken hergestellt [und] nach der Fugenrichtung eingebracht und festgestampft"

"Das sichtbare Gewölbe besteht aus Vorsetzsteinen von Buntsandstein"

(K. v. Leibbrand, Zeitschrift f. Bauwesen 1888)

Eine für Deutschland frühe "Betonbrücke"!

Enzbrücke "Guldebrücke" oberhalb Bad Wildbad
sichtbar 15.6 m Spannweite
K. v. Leibbrand 1886



Betonbrücken in Bad Wildbad



Fig. 2. Längenschnitt. Maßstab 1:150,
Centralblatt der Bauverwaltung 1886

Enzbrücke im Kurpark
(Lichtweite 16 m, verlorene Widerlager, Rheinhard 1885)
Sichtflächen aus gefärbtem Beton, mit Eisen zusammengespannt



1915: Stahlbeton



1926: Stahlbeton

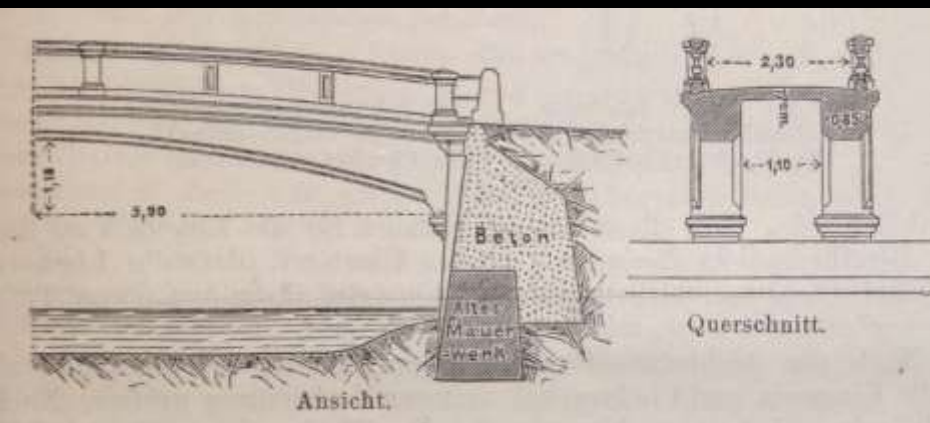
Anfänge des Stampfbetonbrückenbauers Eugen Dyckerhoff



Die ersten Brücken des "Zementwaren"-
Herstellers Dyckerhoff zeigen auch die
Fähigkeiten in der "Kunststein"-Herstellung

hier: Balustrade aus gefärbtem Beton

Enzbrücke beim Kurhaus Bad Wildbad
11.8 m Spannweite, 1882, unbewehrtes Betonbauwerk!



Dyckerhoffs erste große Stempfbetonbrücke



Stellung der Teufelsgrabenbrücke im Werk Dyckerhoff & Widmanns

- Stampfbetonbauten ab ca. 1880
- bis 1888: Dyckerhoff & Widmann bauen vorzugsweise Trinkwasser-Hochbehälter (vgl. Tonnendach des Aquädukts!)
- Teufelsgrabenbrücke ist erste "echte", größere Stampfbetonbrücke der Firma!

Von den in unserem Ausführungsverzeichnis aufgeführten Bauwerken seien nur folgende erwähnt:

1. Gassammelbehälter.

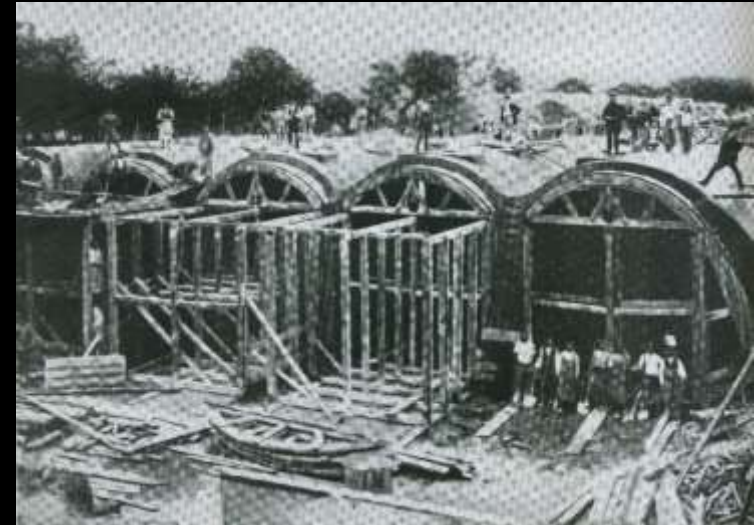
in Chemnitz für	8800 cbm Inhalt	ausgeführt im Jahre	1883
„ Nürnberg „	10400 „ „	„ „	1885
„ Dresden „	13300 „ „	„ „	1889
„ Düsseldorf „	16100 „ „	„ „	1890

2. Wasserbehälter.

Für Wiesbaden	4500 cbm Inhalt	im Jahr	1882
„ Nürnberg	8100 „ „	„ „	1885
„ Chemnitz	4000 „ „	„ „	1887
„ Blankenese	8700 „ „	„ „	1895
„ Amsterdam	10000 „ „	„ „	1898
„ Wiesbaden-Dotzheim	11000 „ „	„ „	1900
„ Berlin-Lichtenberg	18500 „ „	„ „	1901
„ Unna	10000 „ „	„ „	1904
„ Trier	6000 „ „	„ „	1905

3. Brücken.

Der Enzsteg in Wildbad 11,5 m Stützweite	im Jahr	1882
Die Vestnertorbrücke in Nürnberg	„ „	1885
Die Wasserversorgungsquädukte in München	„ „	1890
Die Flutöffnungen der Carolaelbrücke in Dresden 20 m Stützweite	„ „	1893
Der Inundationsviadukt der Eisenbahnbrücke in Dresden 31,35 m Stützweite	„ „	1896
Der Chemnitzalviadukt mit Stützweiten von 26,65 bis 43,10 m	„ „	1899
Unterführung von 5 Straßen unter der Eisenbahn bei Cöln: zusammen 408,94 m von 9,48, 12 und 15 m Straßenbreite	„ „	1902/1904
Vier Eisenbahnbrücken bei Biebrich a. Rh. 17,0 bis 20,0 m Stützweite	„ „	1905
Zwei Straßenbrücken über die Eyach bei Owingen 30 m Stützweite	„ „	1905
Brücke über die Ill bei Straßburg i. E. 30 m Stützweite	„ „	1905/1906
Straßenunterführung unter der Eisenbahn bei Vohwinkel 117,7 m lang von 18,0 m Straßenbreite	„ „	1906
Eisenbahnbrücke Ill über die Iller bei Kempten 64,5 m Stützweite	„ „	1906



Wasserhochbehälter Wiesbaden, 1882
Festschrift 100 Jahre Dyckerhoff & Widmann 1865-1965



Enzsteg Wildbad, 1882

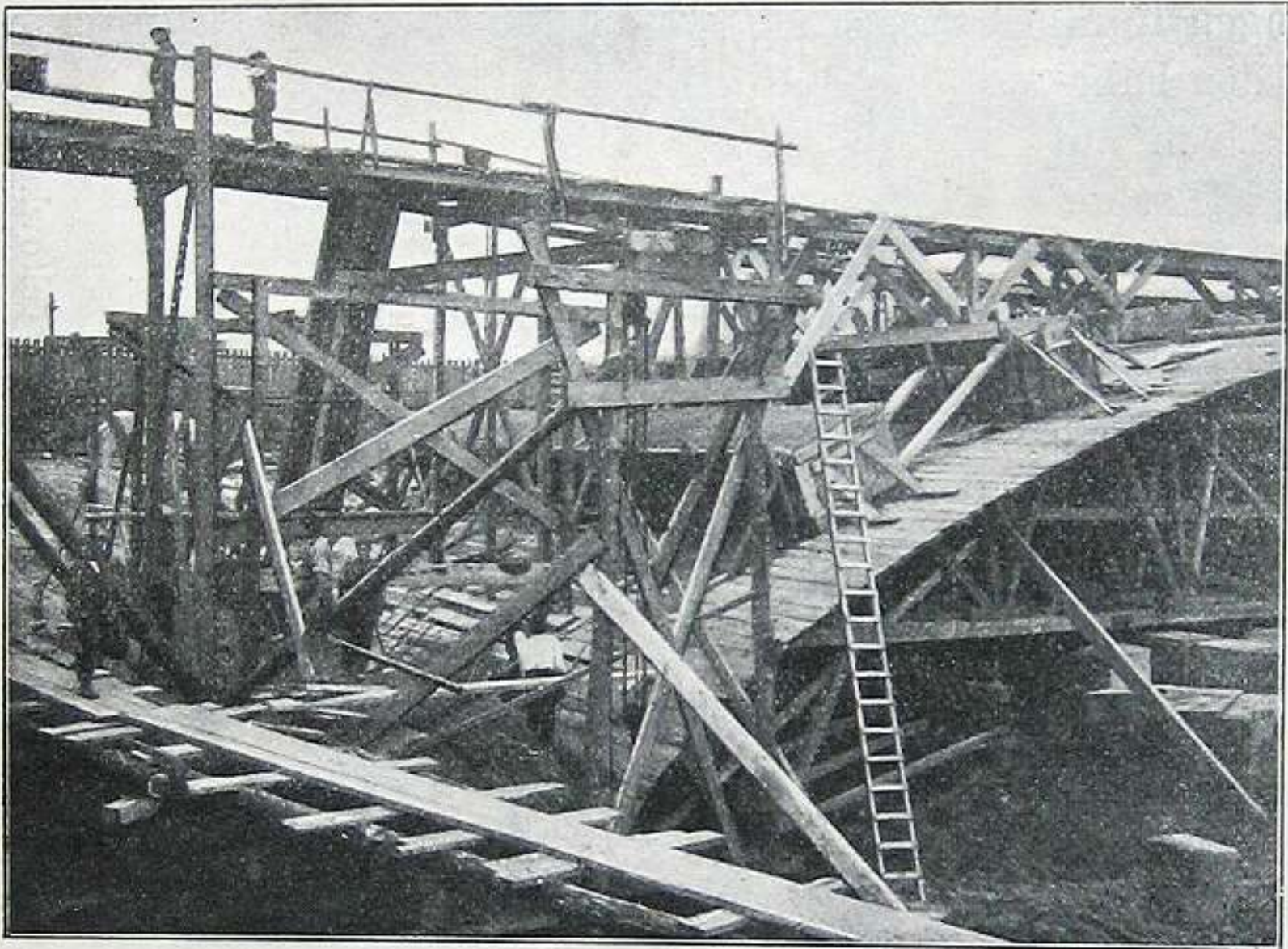


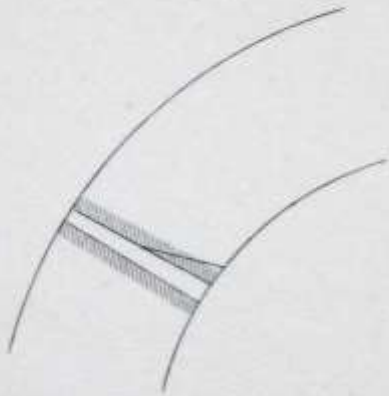
Abb. 13. Eingeschalte Betonlamellen der Brücke bei Britz.

Stampfbetonbrücke über den Teltowkanal (Emperger 1908)

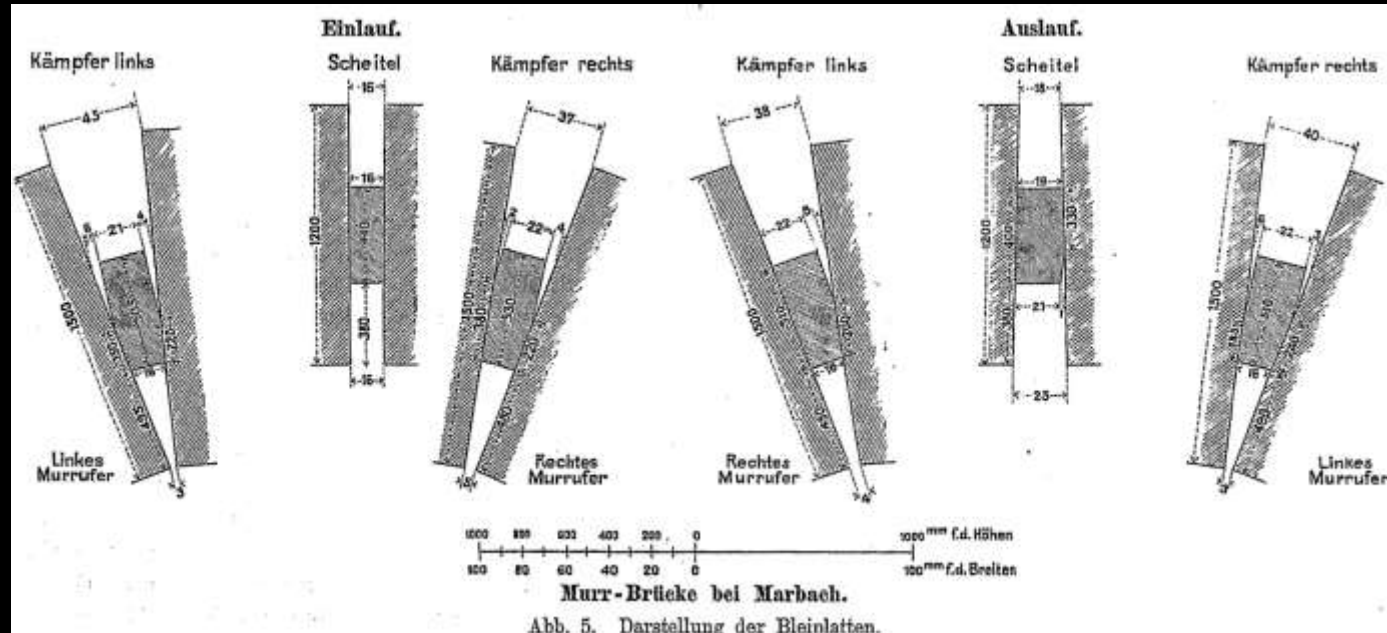
Extremfall des abschnittswisen Betonierens: "Lamellen" (1904/5)

Die Lösung des Riss-Problems: Dreigelenkbrücken auch im Massivbau

Fig. 88.



Werksteingelenk
(Dupuit 1870)



Murr-Brücke bei Marbach.

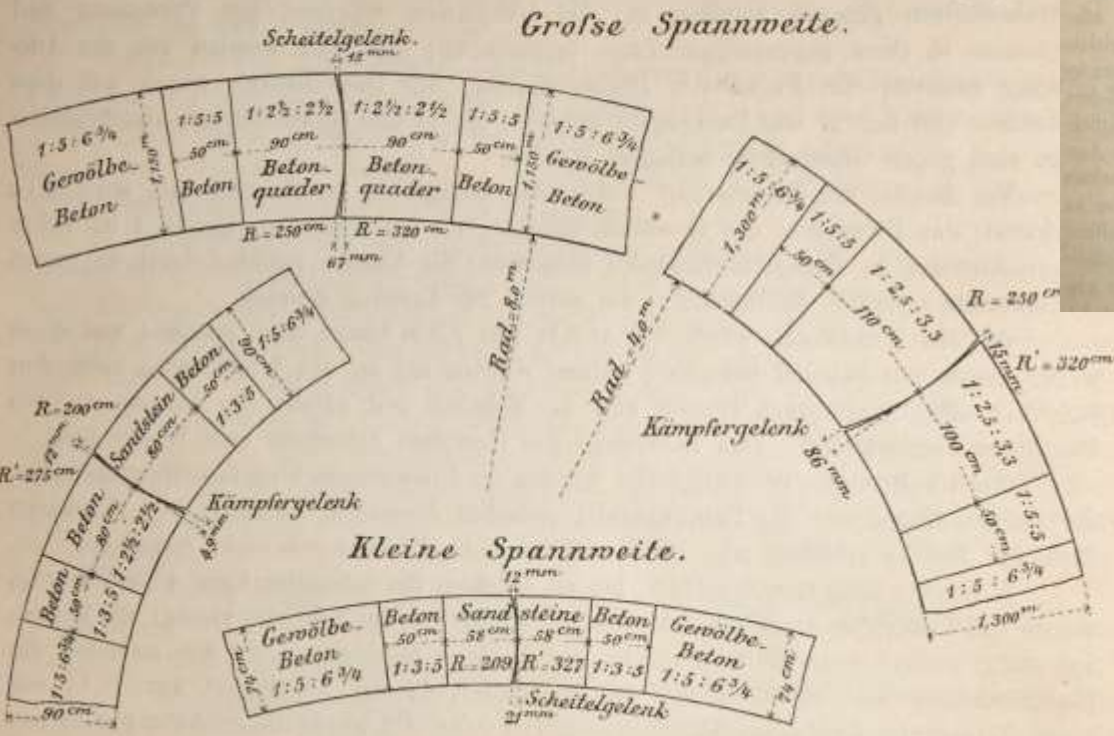
Abb. 5. Darstellung der Bleiplatten.

bauezeitliche Gelenke durch Bleiplatten
(Leibbrand 1888)

Die Lösung des Riss-Problems: Dreigelenkbrücken auch im Massivbau

Bei der kleineren Bogenöffnung sind die Gelenkquader aus festen Sandsteinen hergestellt w denen an den Kämpfern 0,80 m, im Scheitel 0,58 m Dicke gegeben worden ist; im übrigen wurde der Gewölberstellung ebenso verfahren, wie bei den größeren Bögen.

Fig. 17. Gelenke von der Eisenbahnbrücke Dresden-Altstadt (von Köpke).



2. Gelenkbrücken von Köpke-Dresden.

Infolge der bei der Ausführung von Quadergewölben wiederholt gemachten ungünstigen Erfahrungen begann Köpke schon 1880 bei den Königl. sächsischen Staatseisenbahnen, Brückengewölbe mit Gelenken zu versehen¹⁰⁾ und zwar an der Berggießhübler Bahn zunächst Langenhemmersdorf.

Fig. 13.

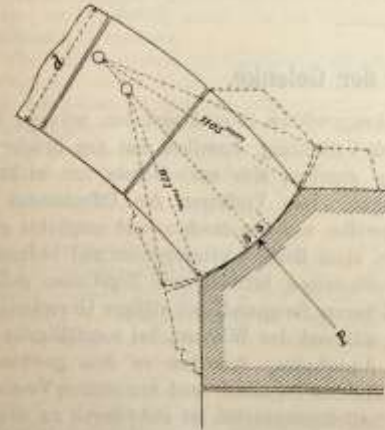
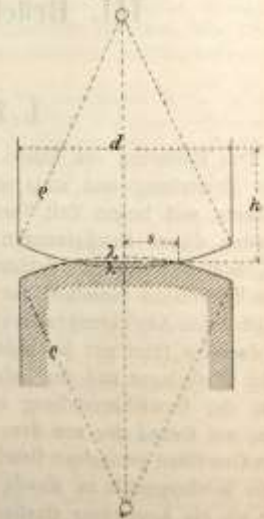
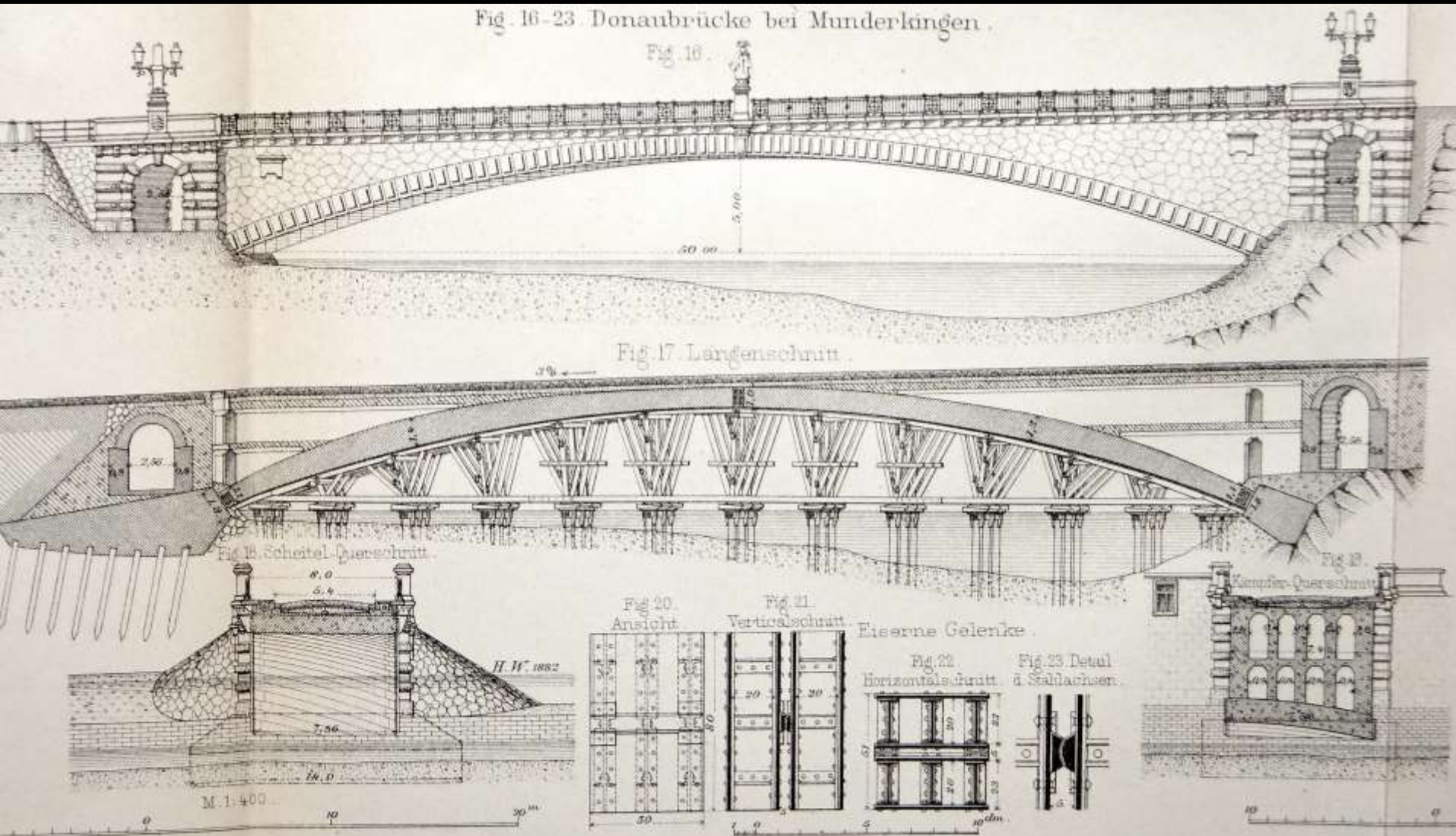


Fig. 14.



Werksteingelenk von Köpke 1880 (Leibbrand 1897)

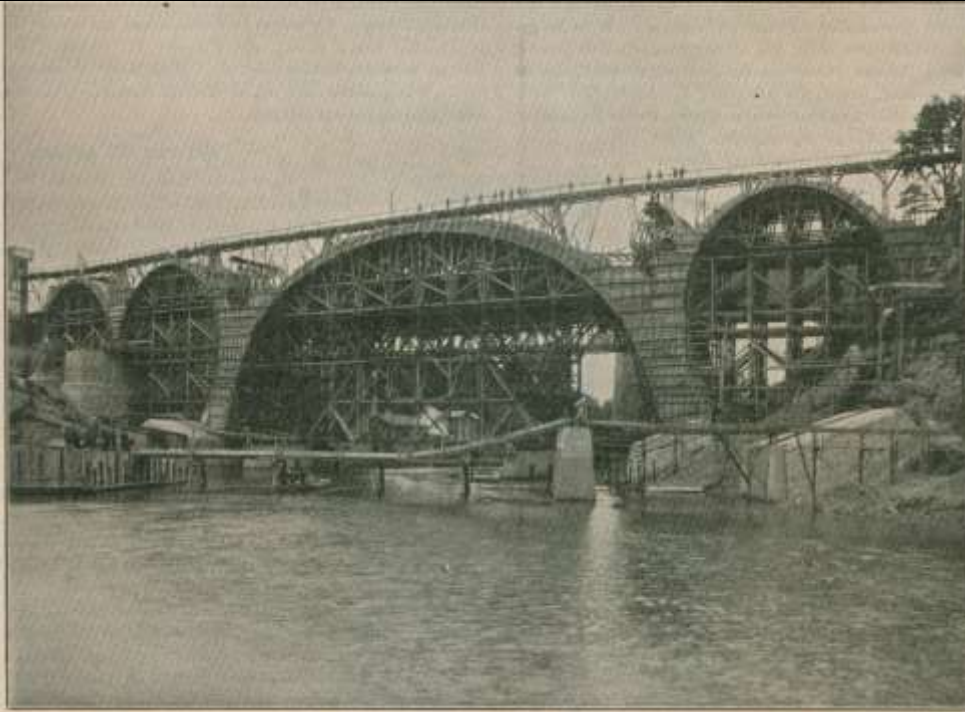
Die Lösung des Riss-Problems: Dreigelenkbrücken auch im Massivbau



flachgespannte Betonbrücken mit eisernen Gelenken von Leibbrand
Donaubrücke Munderkingen (50 m, Leibbrand 1893)
(Leibbrand 1897)

Die Lösung des Riss-Problems: Dreigelenkbrücken auch im Massivbau

- Dyckerhoffs Bahnbrücke in Kempten (1906): Stampfbetonbogen mit Stahlgelenken



Lehrgerüst
Beton & Eisen 1904

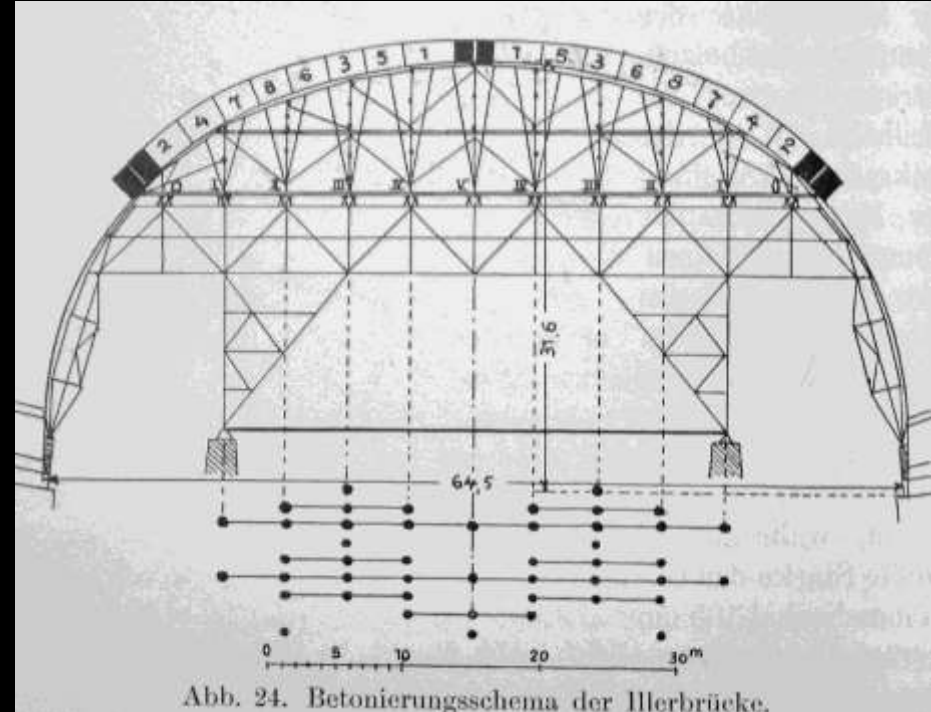


Abb. 24. Betonierungsschema der Illerbrücke.

abschnittsweises Betonieren

F. v. Emperger: Handbuch f. Eisenbetonbau, Berlin 1908

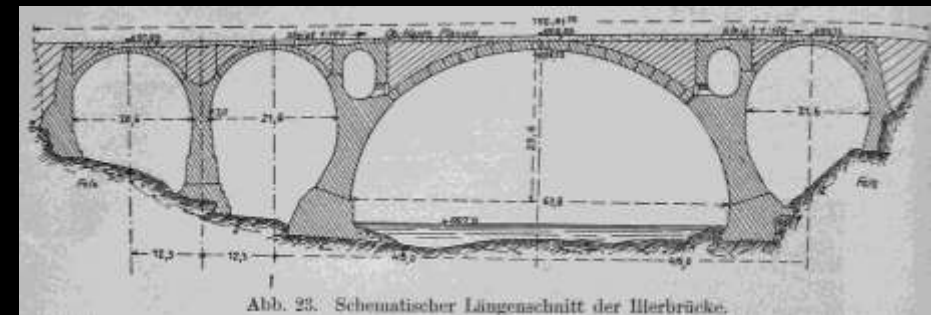


Abb. 23: Schematischer Längenschnitt der Illerbrücke.

Die Lösung des Riss-Problems: Dreigelenkbrücken auch im Massivbau

- Werksteinbrücke mit Stahlgelenken



Maximiliansbrücke München
(Sager & Wörner 1903 – 1905)

Fazit

- Im 19. Jh. fanden auch beim Bau massiver Bogenbrücken kontinuierliche Innovationen statt
- Werksteinbrücke, Bruchsteinbrücke und Betonbrücke sind in ihrer Entwicklung eng verknüpft
- Wesentliche Entwicklungen wurden durch die zunehmende Verfügbarkeit von Zement ausgelöst
- Das Experimentieren schließt auch gelegentliche Rückschritte und Sackgassen nicht aus



Igelsbachviadukt Klaffenbach: Eisenbeton-Dreigelenkbogen
(Jori & Schächterle 1909)