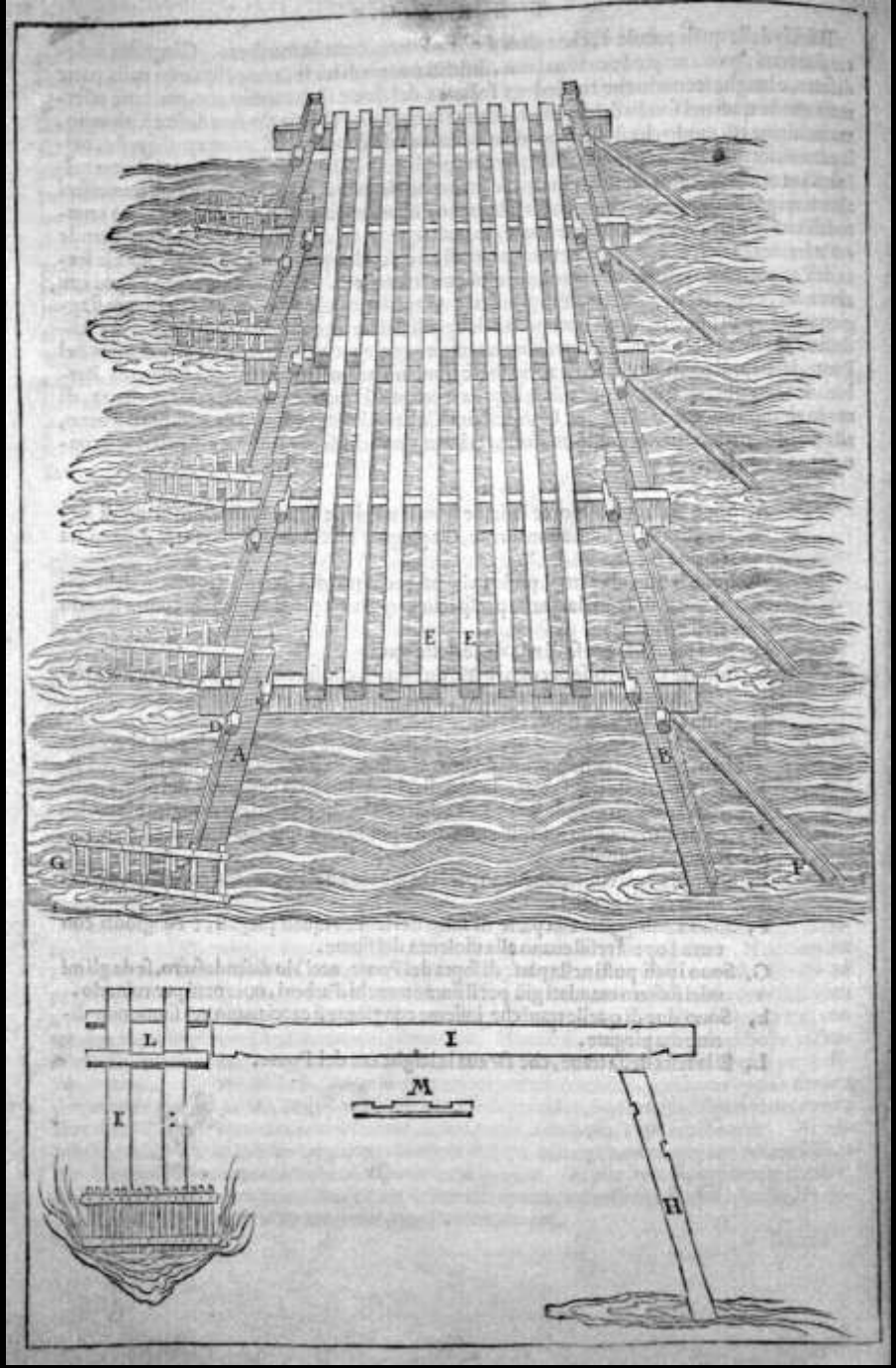
Hölzerne Brücken
Systeme und Entwicklungsgeschichte

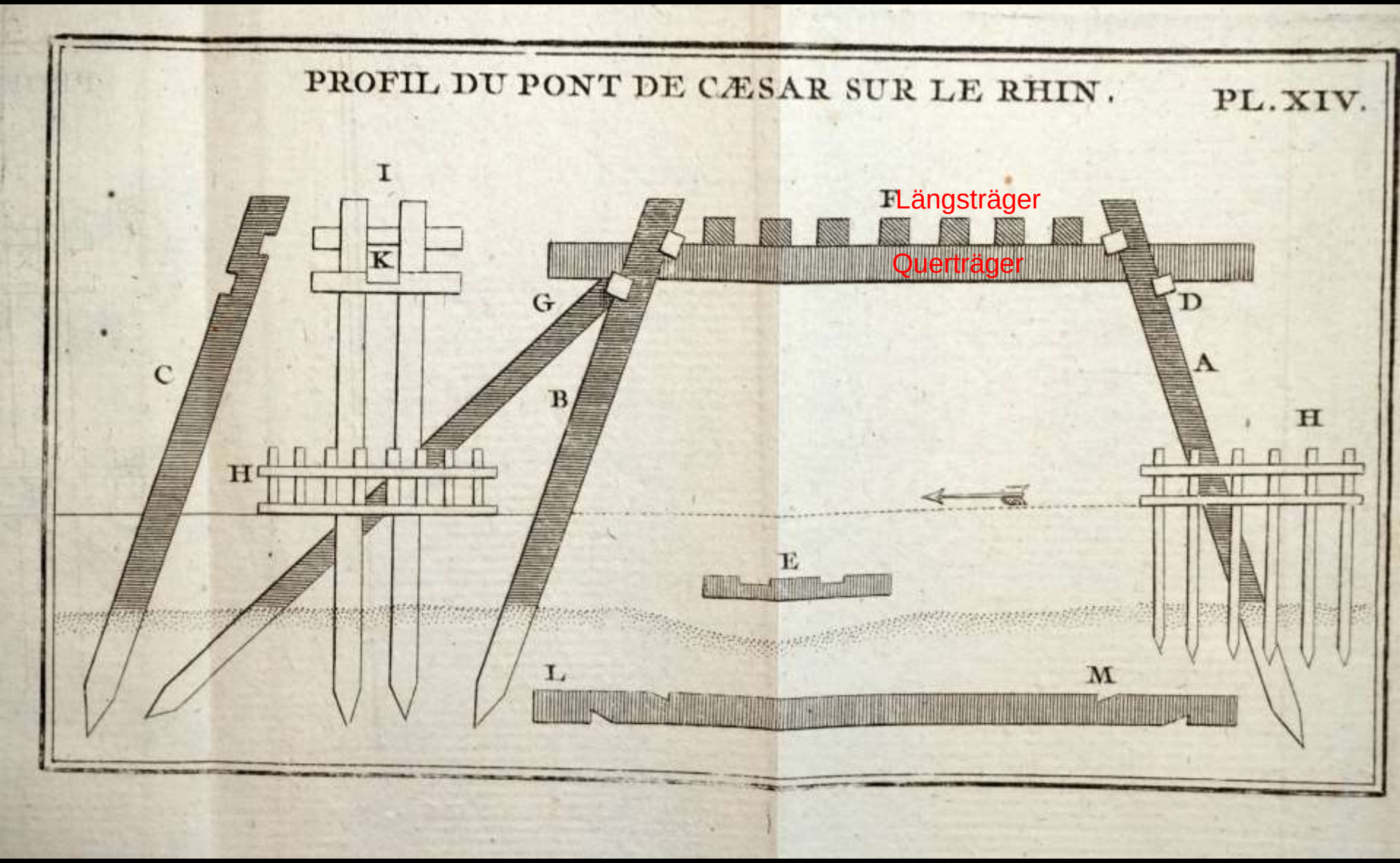
Stefan M. Holzer, ETH Zürich

Balkenbrücken und Pfahljoche

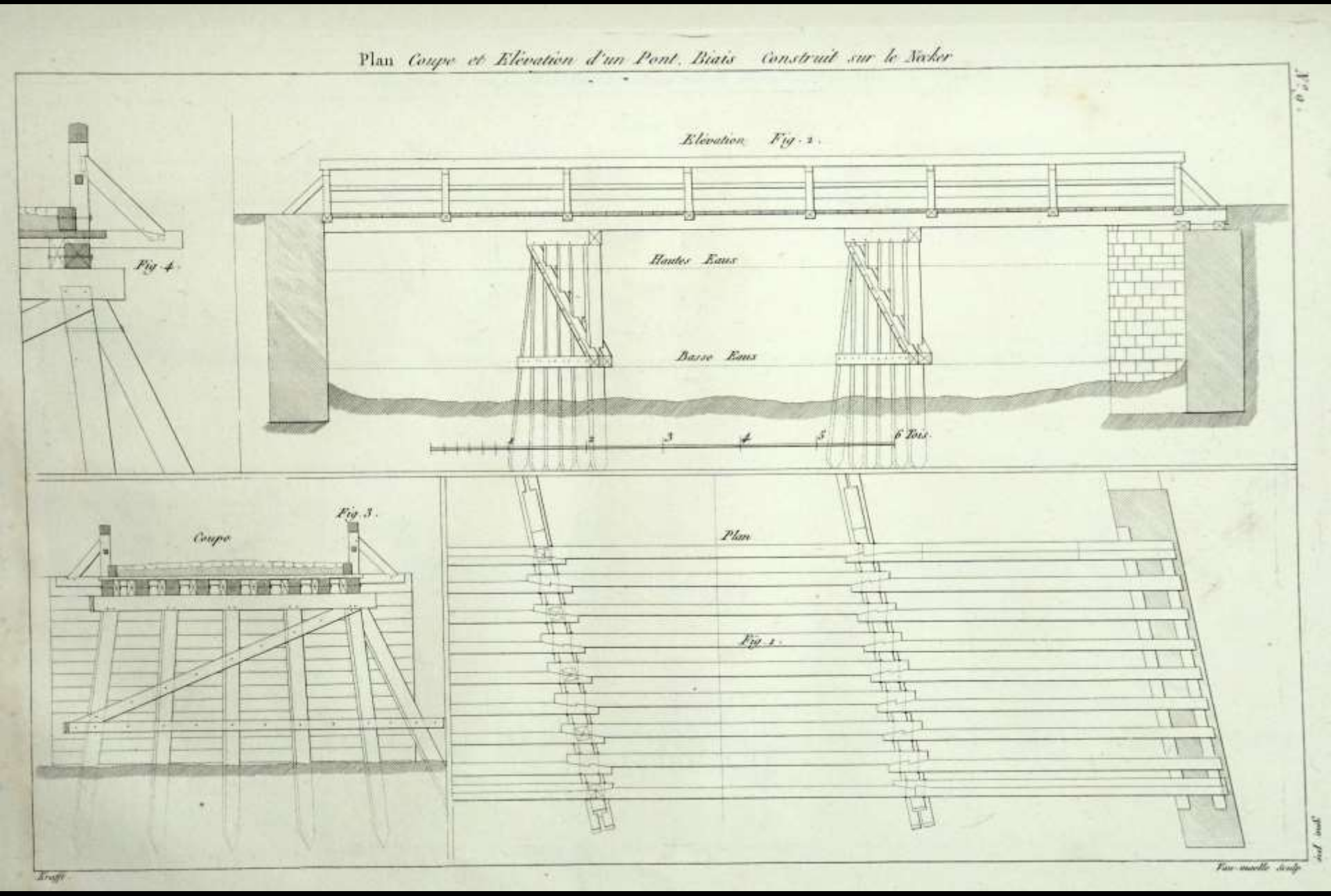
Pfahljochbrücke als Keimzelle einer Stadt
Rheinbrücke Basel (Herrliberger 1761)



Caesars Brücke über den Rhein (55 v. Chr.), nach Caesars Text rekonstruiert von Andrea Palladio 1570



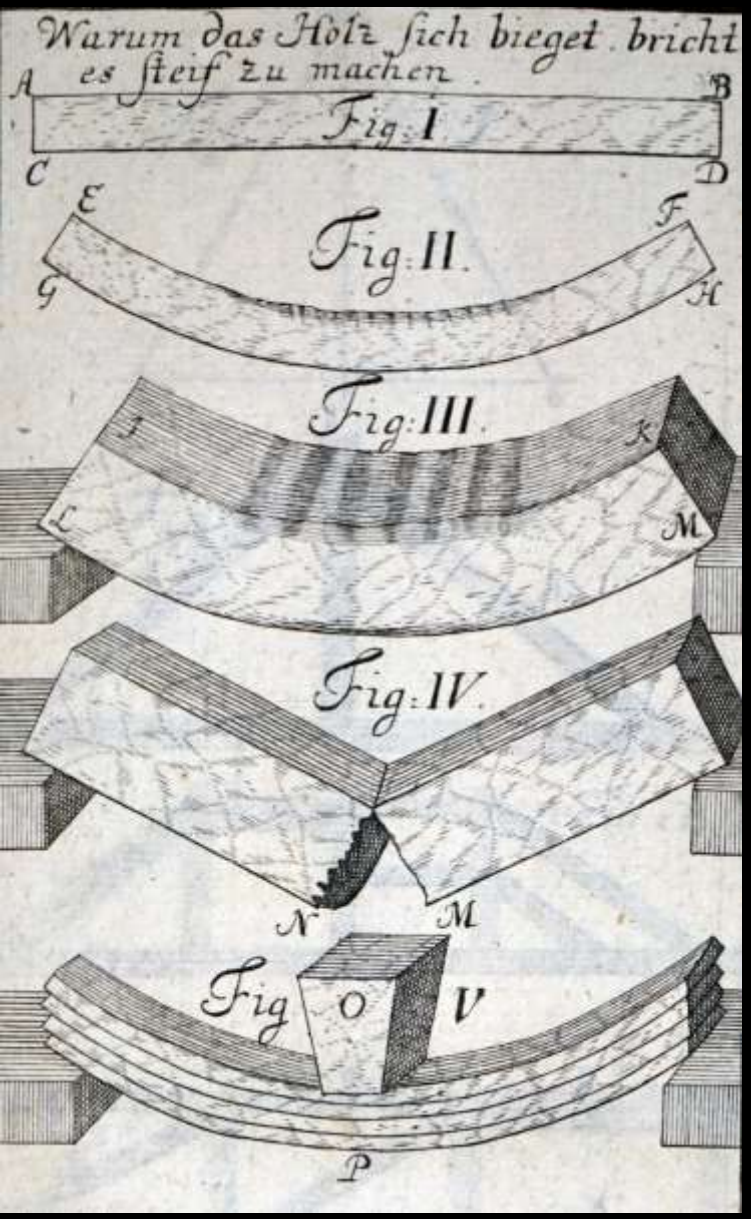
Caesars Rheinbrücke, Pfahljochkonstruktion (Gautier 1716 nach Palladio 1570)

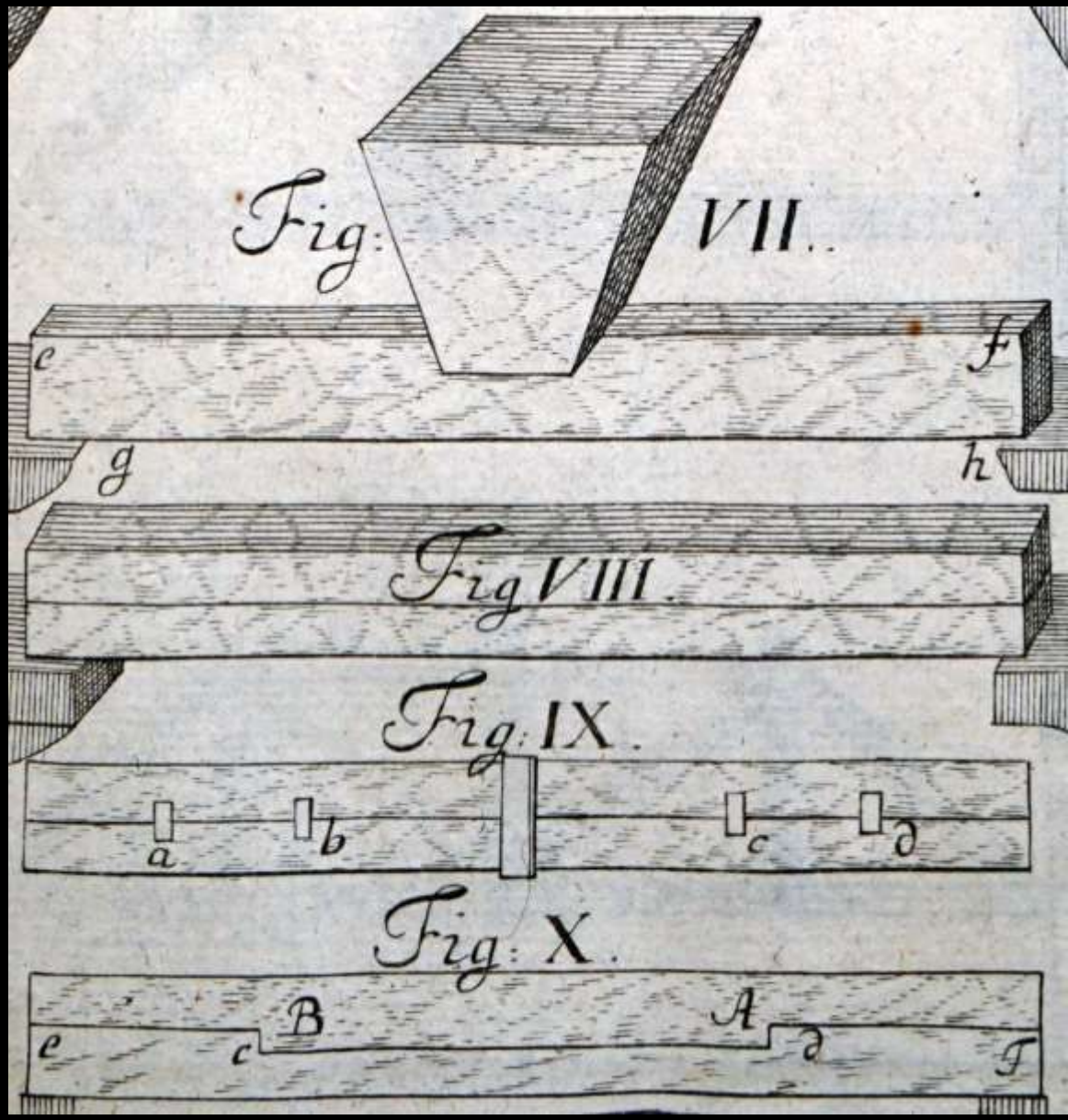


Balkenbrücke auf Pfahljochen über den Necker (Appenzell-Ausserrhoden) (Krafft 1805)

Einsturz einer Brücke (Fidenza, Kathedrale San Donnino, Fassadenrelief, um 1200)

Verstärkte Balken

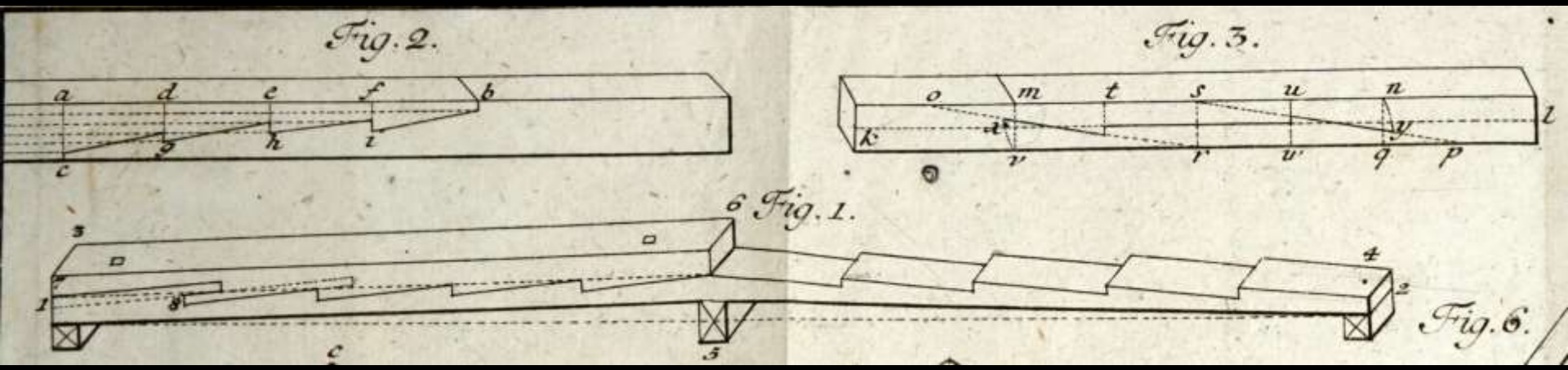




Jacob Leupold 1726

Verzahnte Balken (Limmatbrücke Wettingen AG)

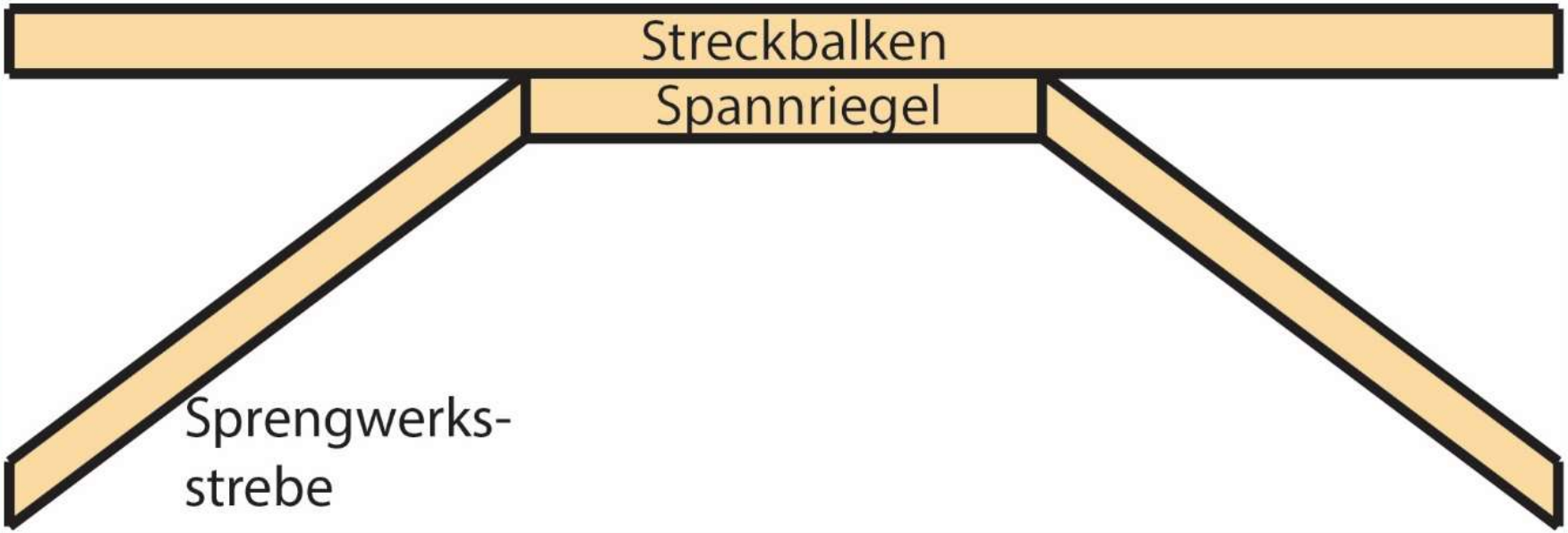
Verzahnte und verschraubte Balken (Sitterbrücke im Kubel SG)



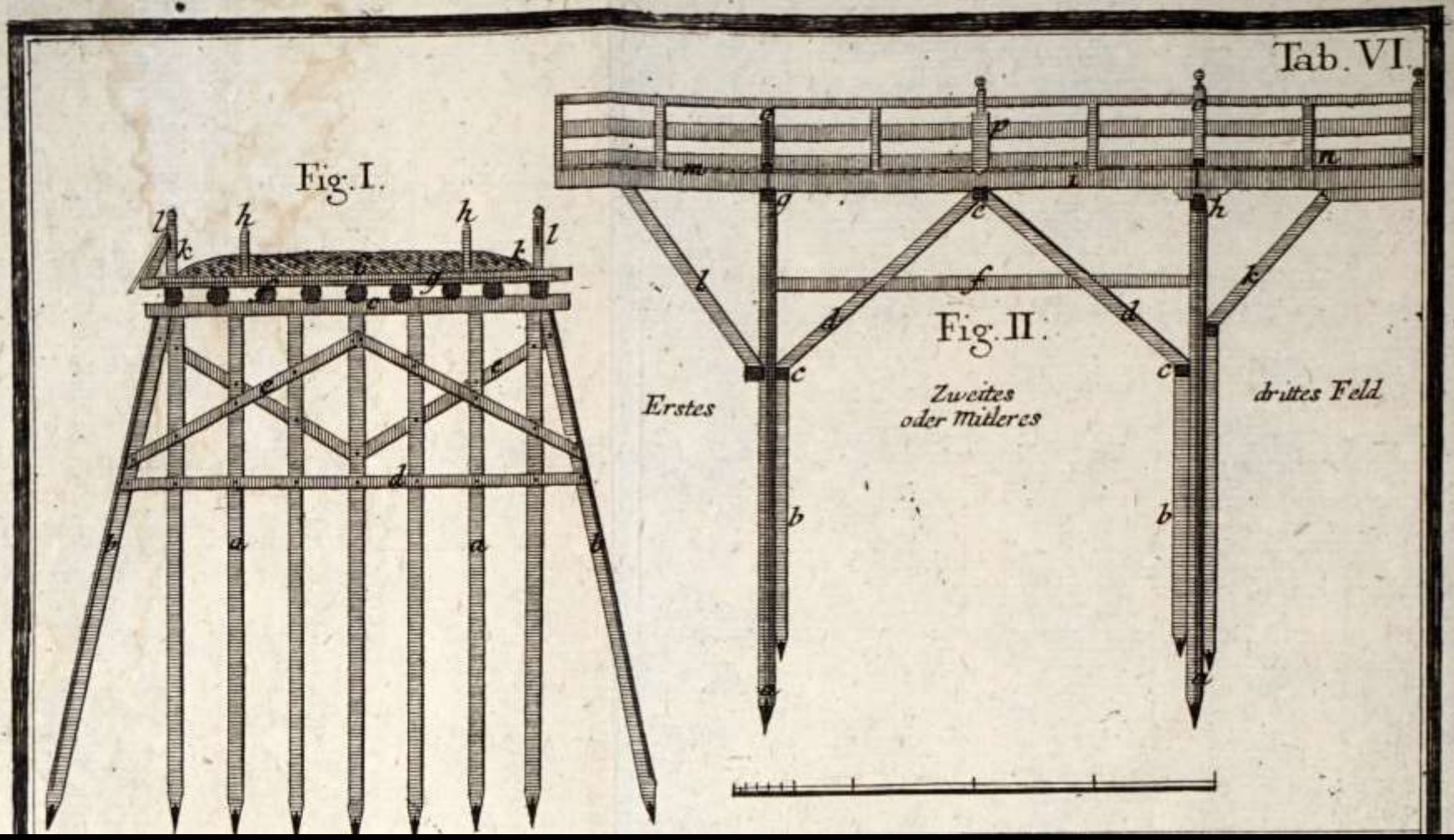
Verzahnte Balken (Lucas Voch 1777)

Verzahnte Balken (Müstair GR, um 1500)

Tragwerk unter der Fahrbahn:
Sprengwerksbrücken

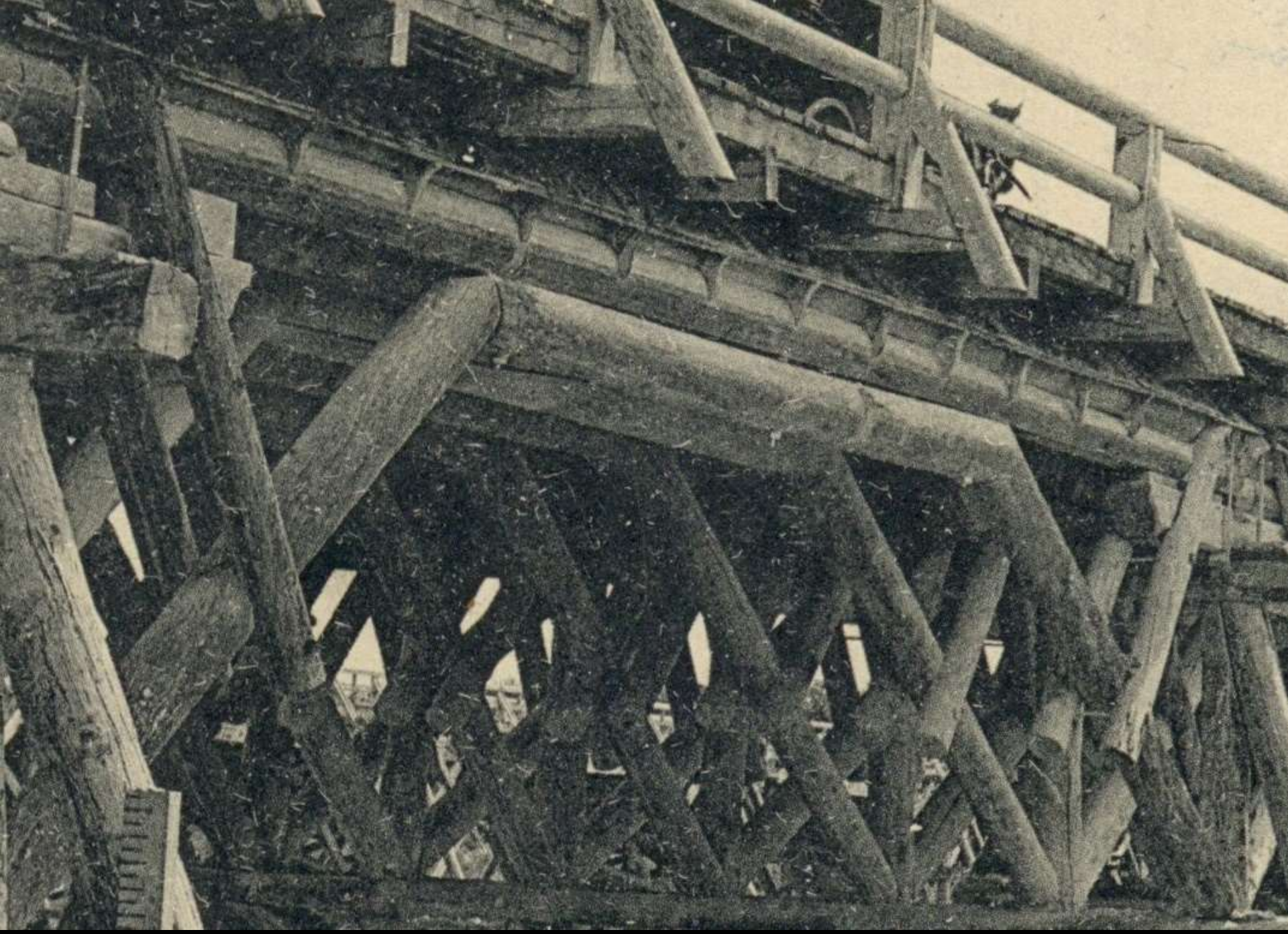


Unterstützung des Streckbalkens durch ein „doppeltes“ Sprengwerk
Sprengwerk = das Tragwerk liegt *unter* der Fahrbahn

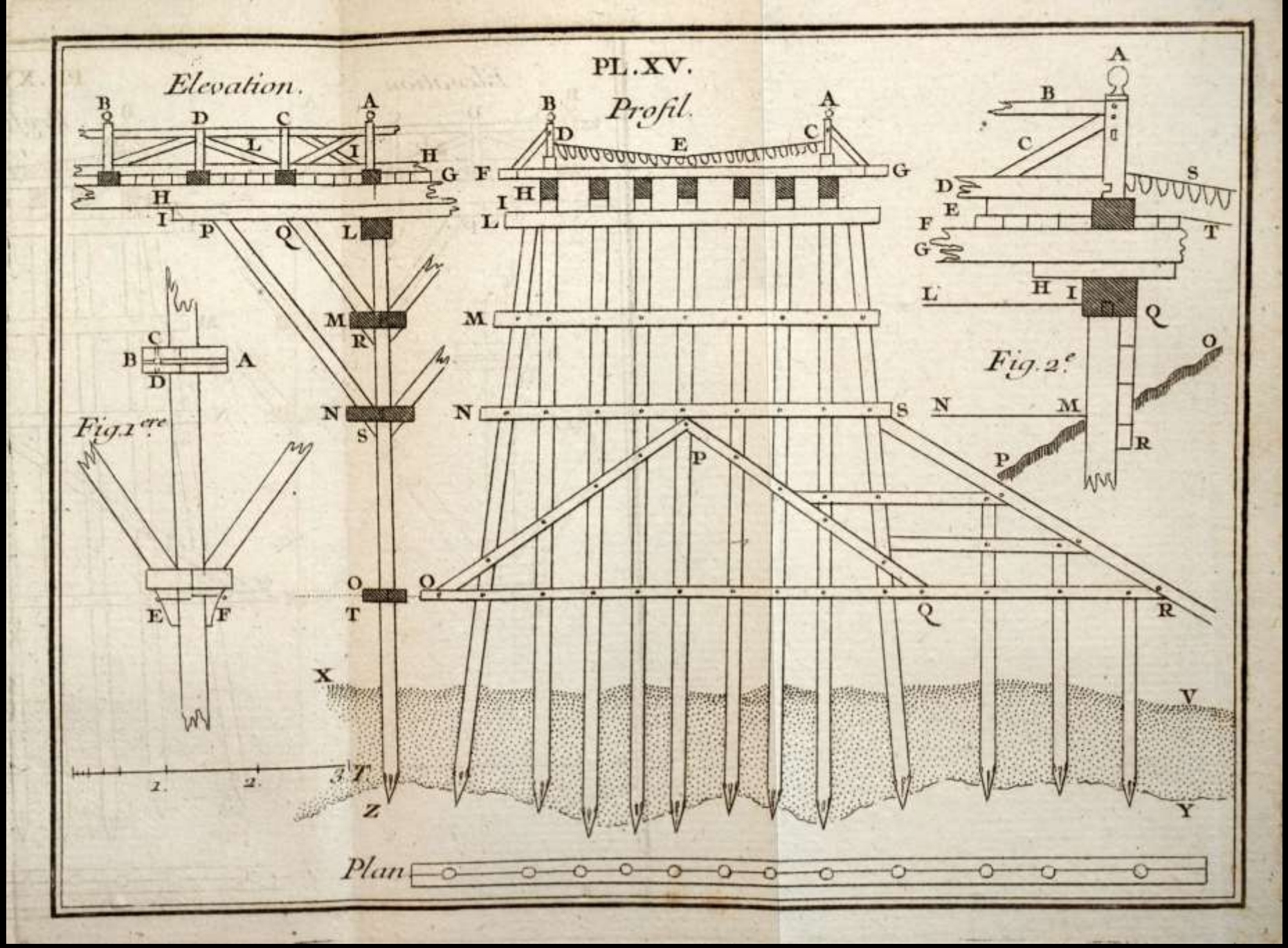


Unterstützung des Streckbalkens durch ein „einfaches“ Sprengwerk (Walter 1766)

Rhonebrücke bei Avignon (Anf. 19. Jh., hist. Postkarte um 1900)

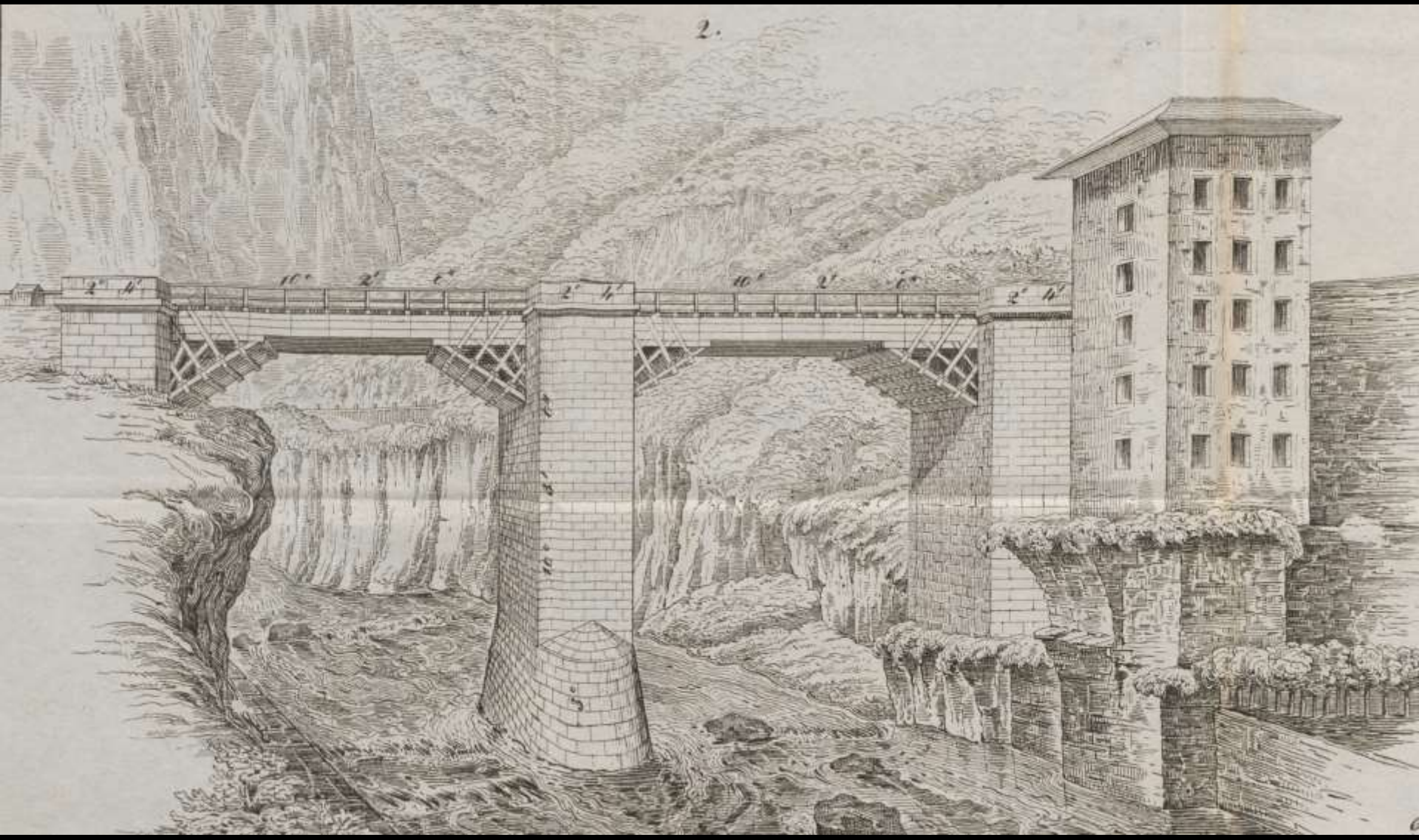


Unterstützung des Streckbalkens durch ein „doppeltes“ Sprengwerk



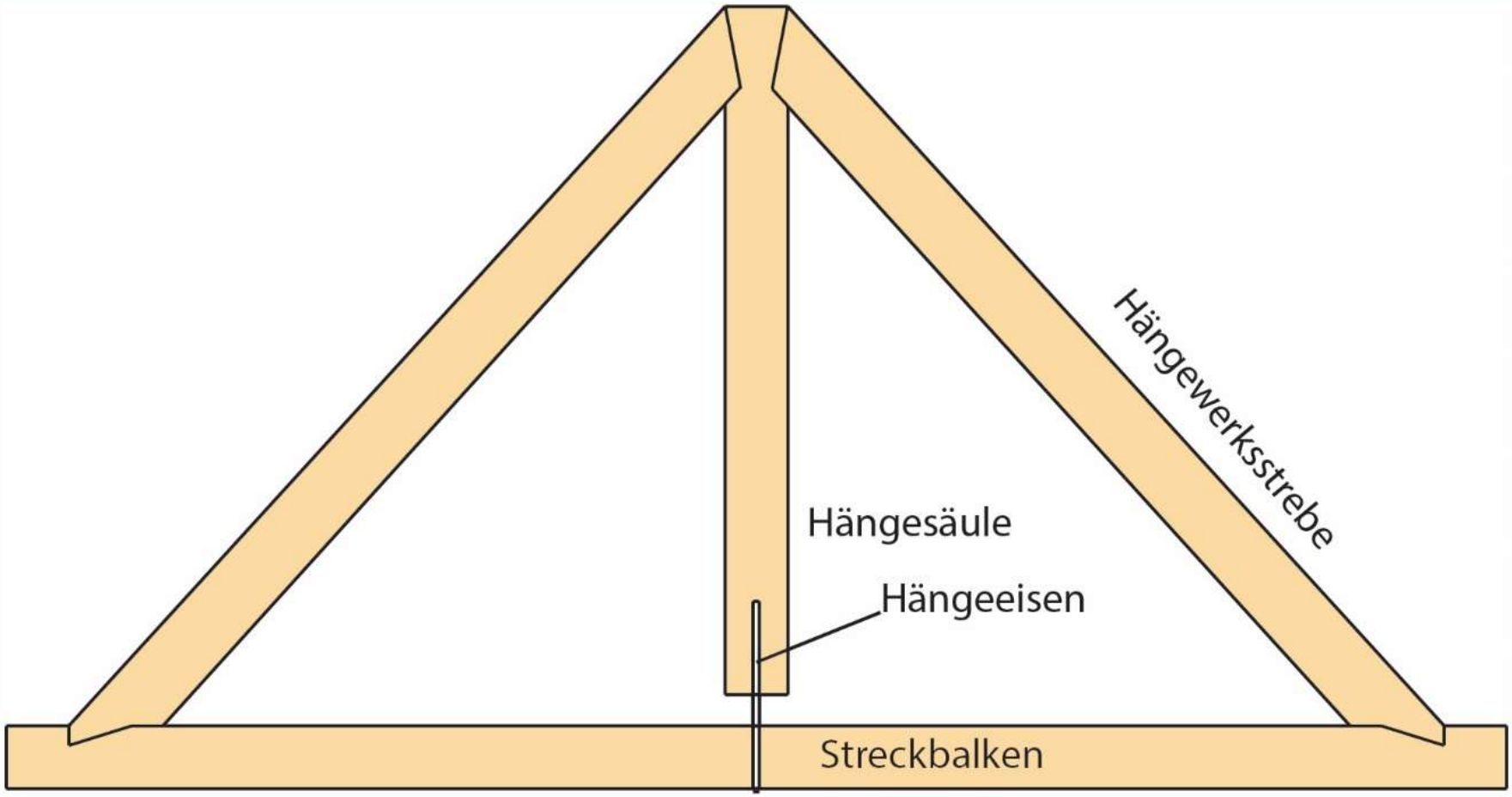
Pfahljoch aus Rundholz mit Eisbrecher, Sattelholz und Sprengstreben (Gautier 1716)

Brücke von Crevoladossola (Simplonstrasse, Nicolas Céard um 1806)
(aus: Lory, Gabriel: Voyage pittoresque de Genève à Milan par le Simplon, 1811)



Brücke von Crevoladossola (Simplonstrasse, Nicolas Céard um 1806)
(aus: Baumgarten, J.: Die neuesten und vorzüglichsten Kunst-Strassen über die Alpen, 1834)

Brückentragwerk über der Fahrbahn:
Hängewerke
Brücken zwischen zwei „Tragwänden“



„Einfaches Hängewerk“

„Einfaches Hängewerk“ in italienischen Dachkonstruktionen (Rom, San Saba, Dach 1463)

Einfaches Hängewerk (Luzern, Spreuerbrücke, 17. Jh.)

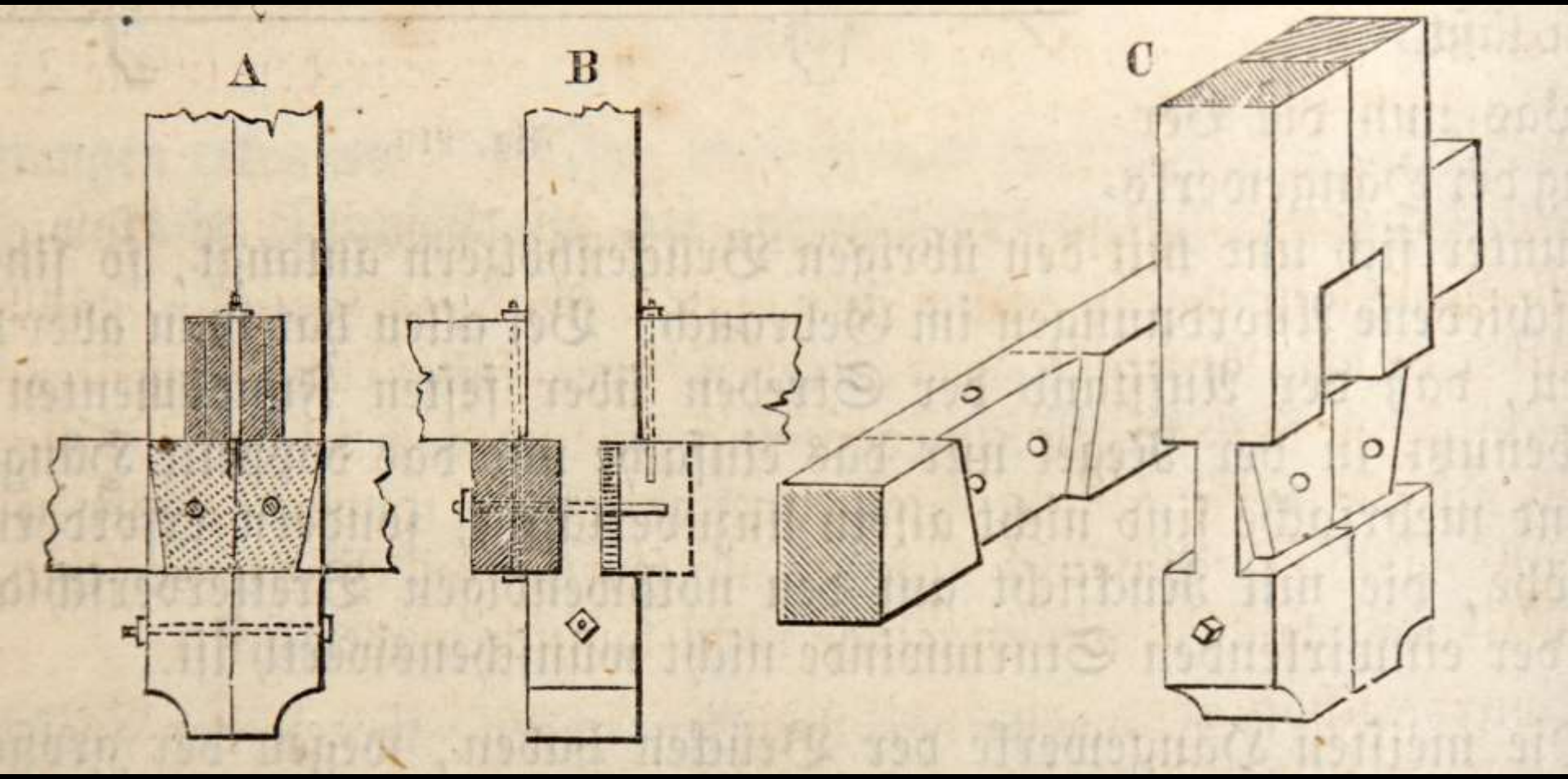
Zugfester Anschluss des unteren Endes der Hängesäule

Doppelbinder, durchgesteckter hölzerner Splint (Rom, Santa Balbina, 1488)

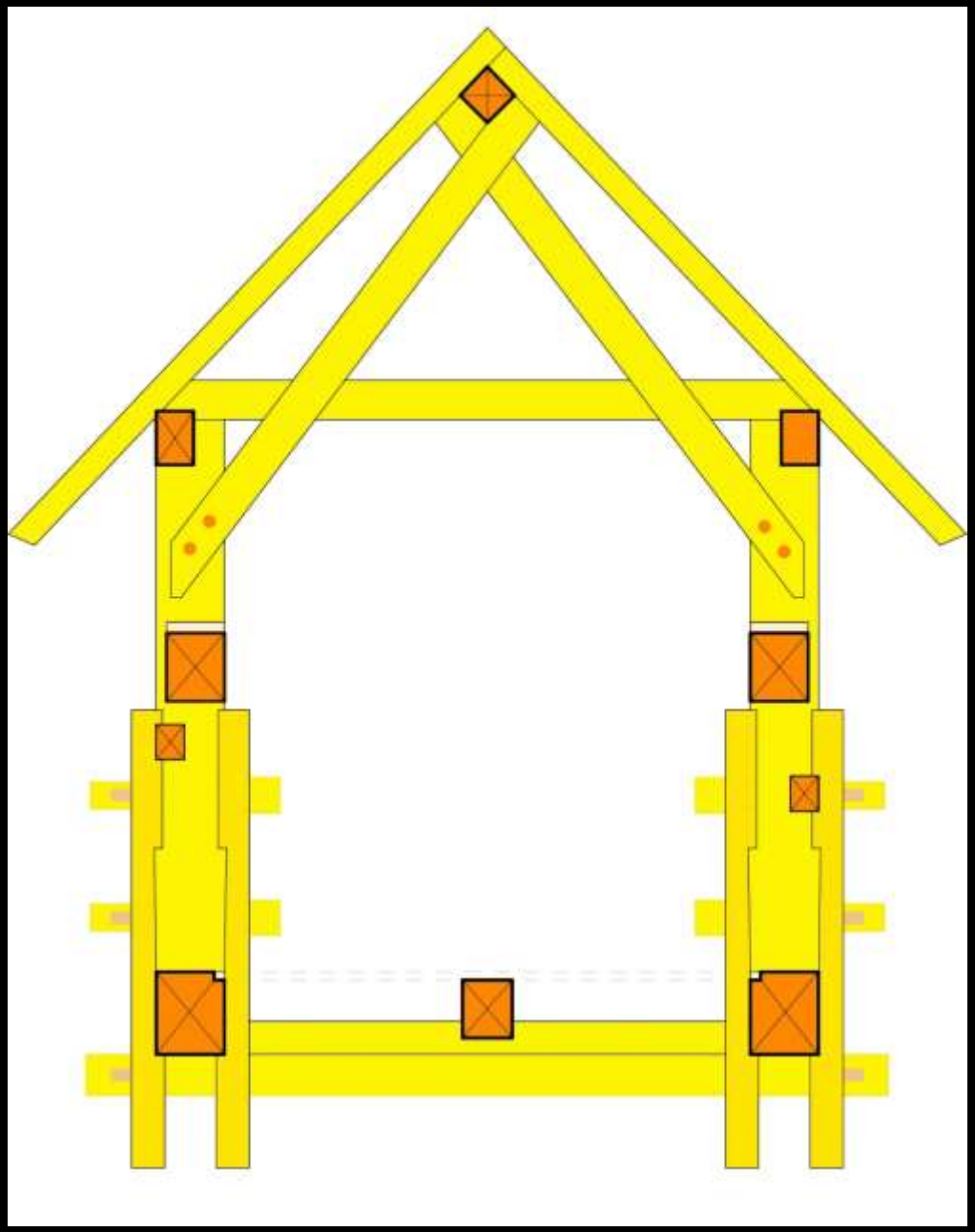
Zapfenschloss (=Durchsteckzapfen mit Splint): Vauvillers (70), Waschhaus (Anf. 19. Jh.)

eiserner Bügel („Hängeeisen“): Rom, Teatro Argentina, 1. H. 18. Jh.

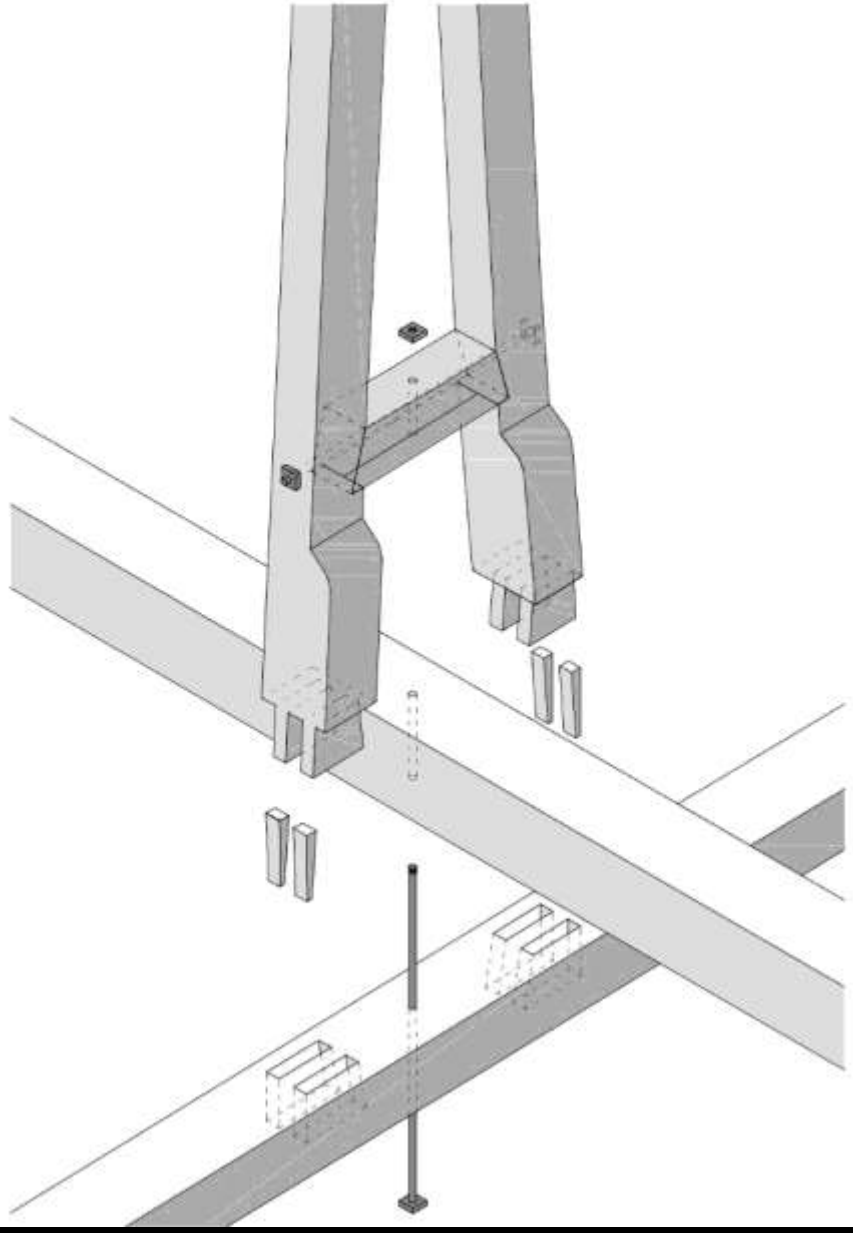
verdoppelte Hängesäule umgreift den Streckbalken zangenartig (Sitterbrücke Spisegg SG)

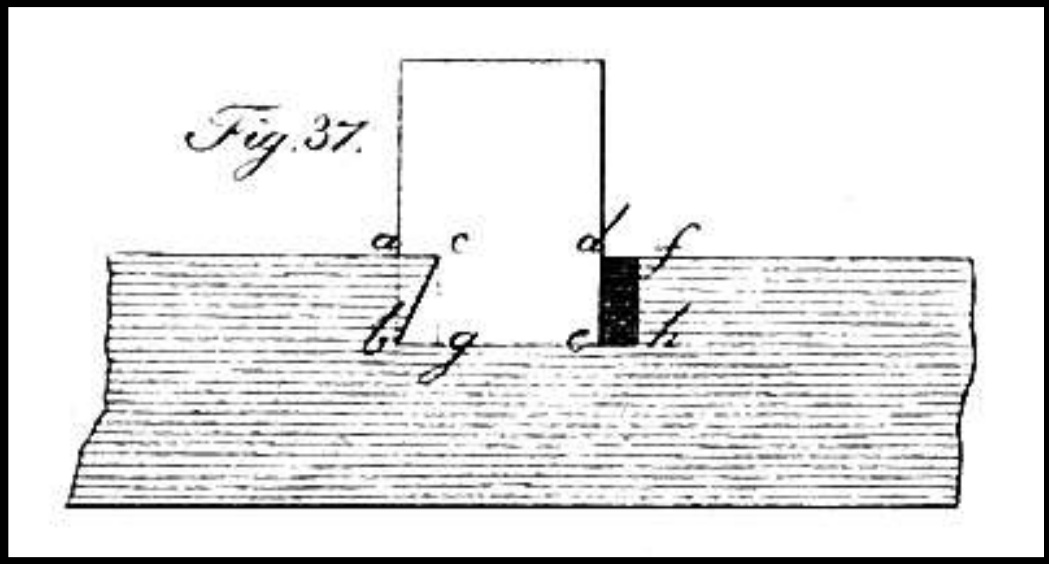


verdoppelter Balken umgreift die Hängesäule beidseitig (Georg Samuel Hörnig 1862)



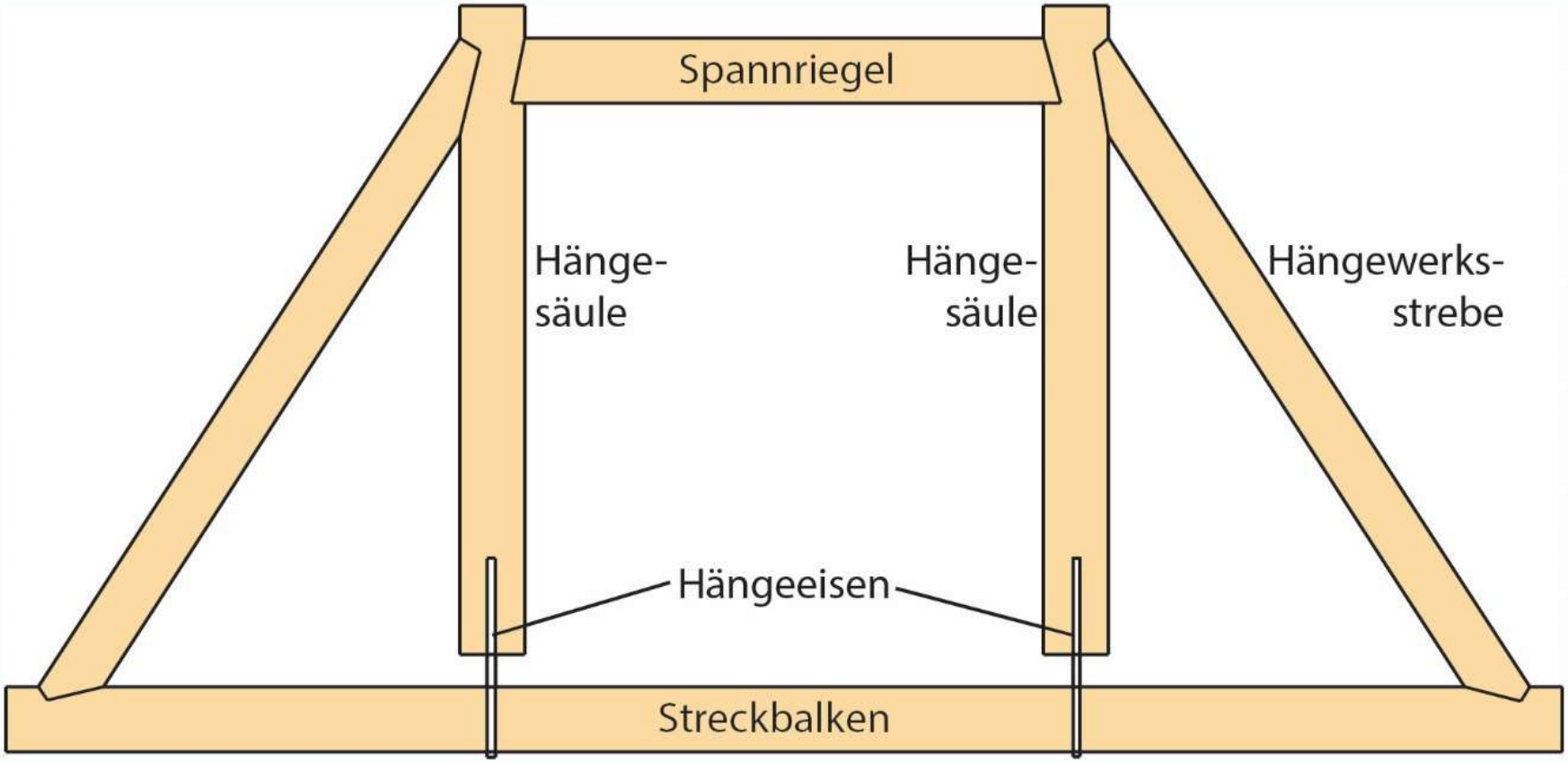
Im Brückenbau gibt es eine Vielzahl von Lösungen, auch solche rein in Holz ohne eiserne Verbindungsmittel
(Luzern, Spreuerbrücke, um 1569: hölzerne Zangen zur Aufhängung der Fahrbahnquerträger)





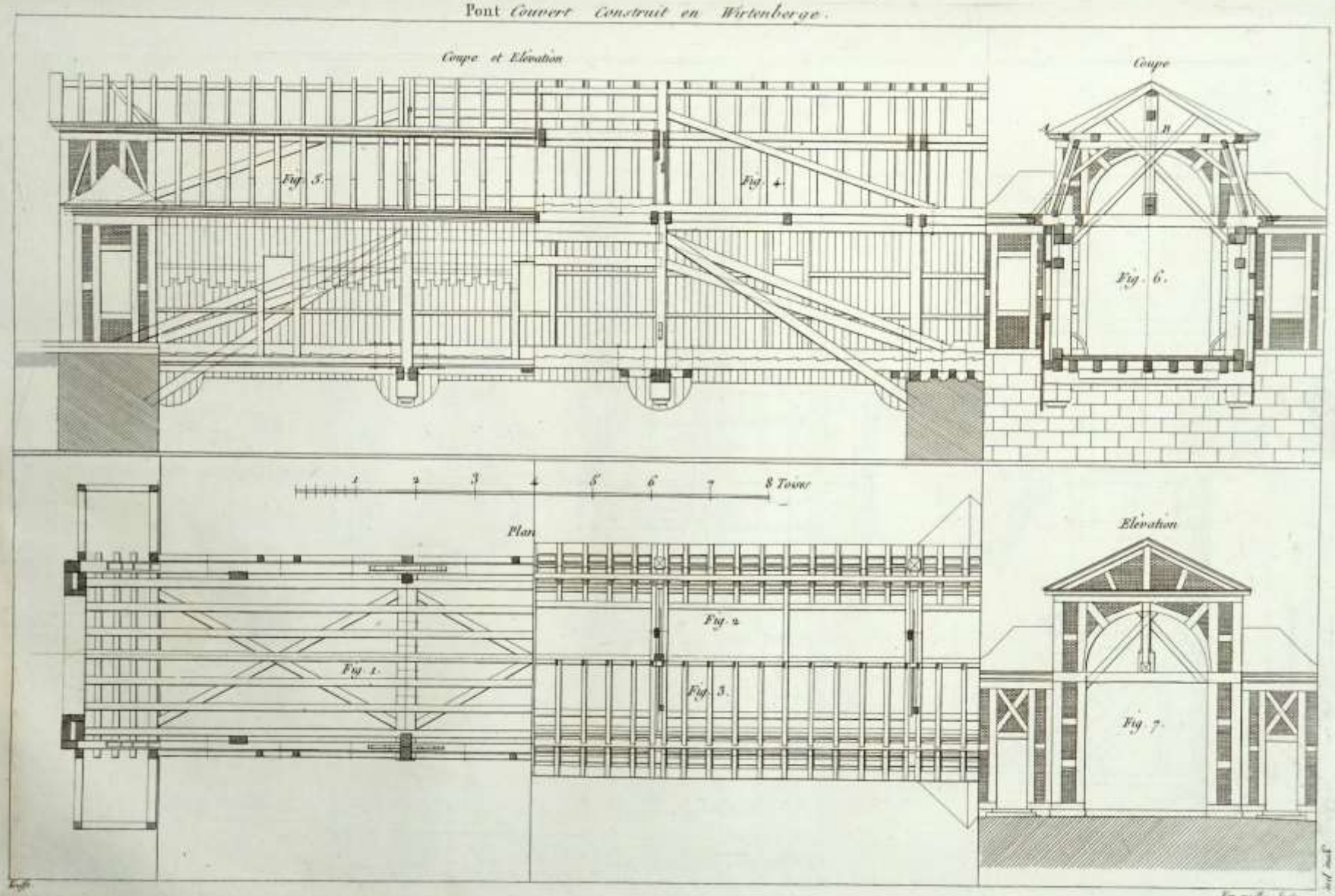
Lösung ohne Eisenteile: der verkeilte Schwalbenschwanzzapfen
(Dachwerk Kirche Bauma ZH, 1769, aus Diss. Schäfer 2021; Prinzipskizze aus Wolfram 1824)

Das „doppelte Hängewerk“



„Doppeltes Hängewerk“

Doppeltes Hängewerk im italienischen Dach (Canino VT, San Francesco)



Brücke mit doppeltem Hängewerk („Trapezhängewerk“) (Krafft 1805)

Luzern, Spreuerbrücke: links doppeltes Hängewerk (1785), rechts hinten einfaches Hängewerk (1569)

Luzern, Spreuerbrücke: doppeltes Hängewerk (1569)

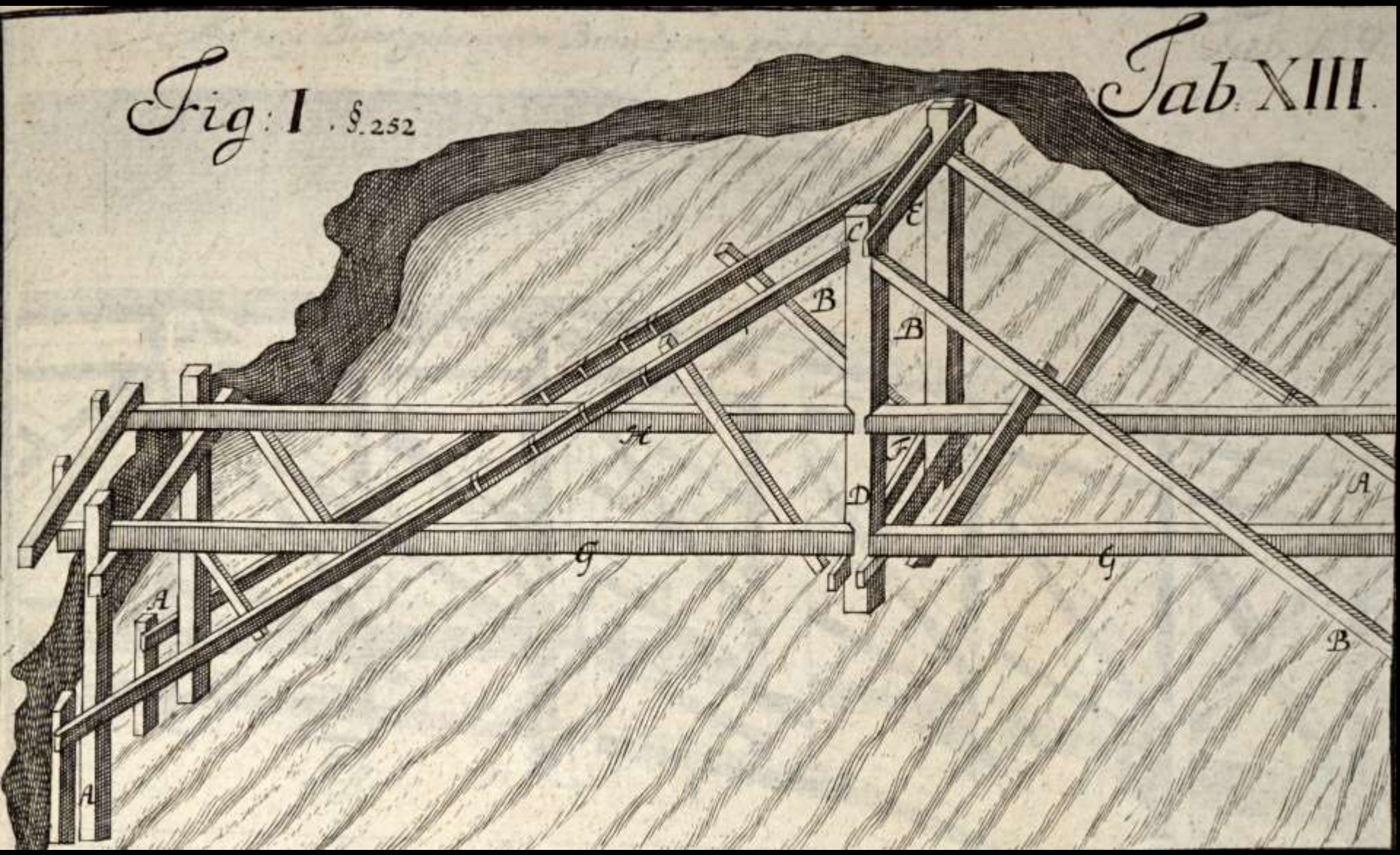
Zwingen BL, Schlossbrücke (17. Jh.)

Brunnen SZ, Wylerbrugg (18. Jh.)
Doppeltes Hängewerk mit verdoppelten Hängesäulen, Streben und Spannriegeln

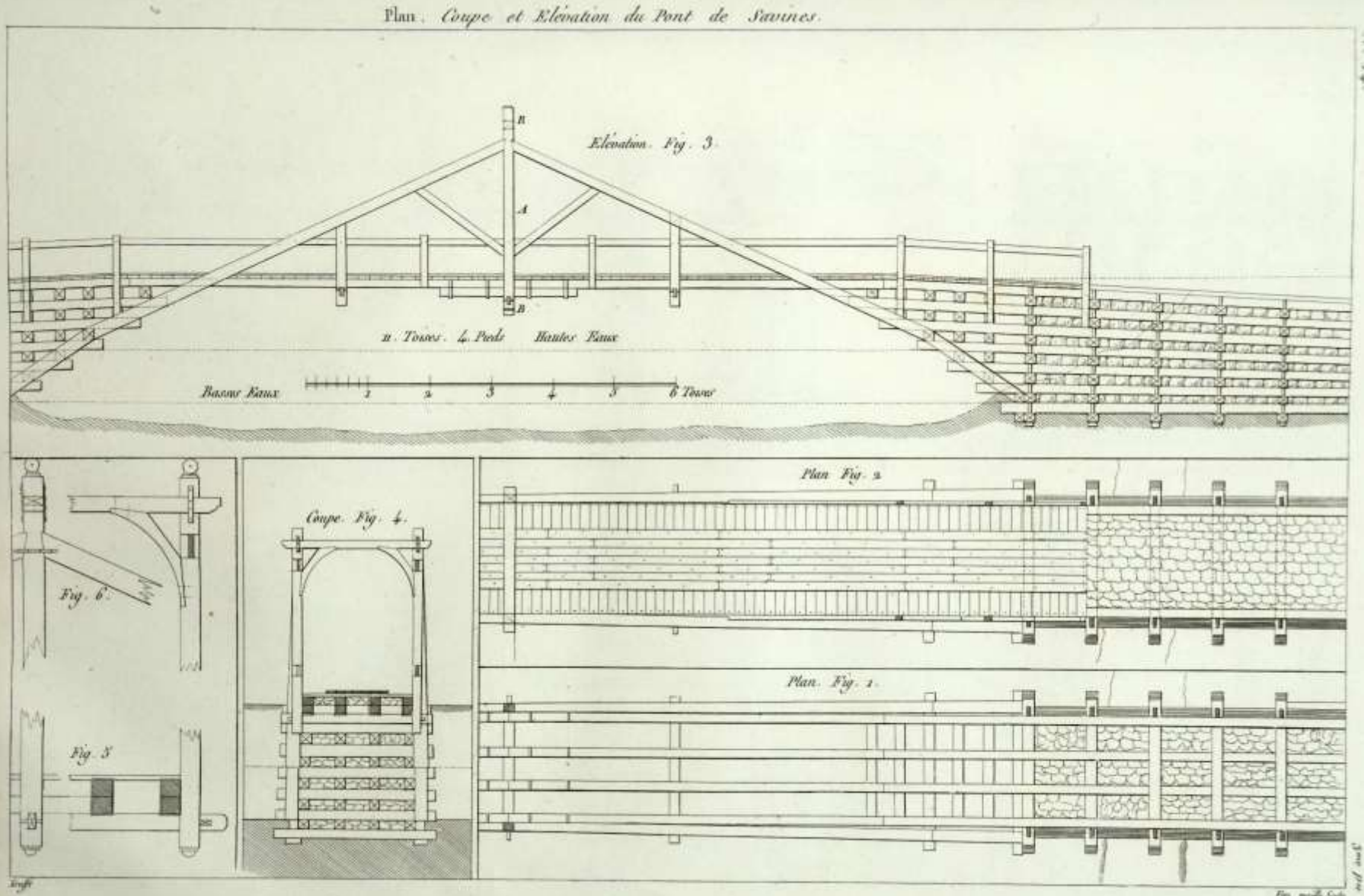
Brunnen SZ, Wylerbrugg (18. Jh.). Fusspunkt der Hängewerksstreben

Hängesprengwerke

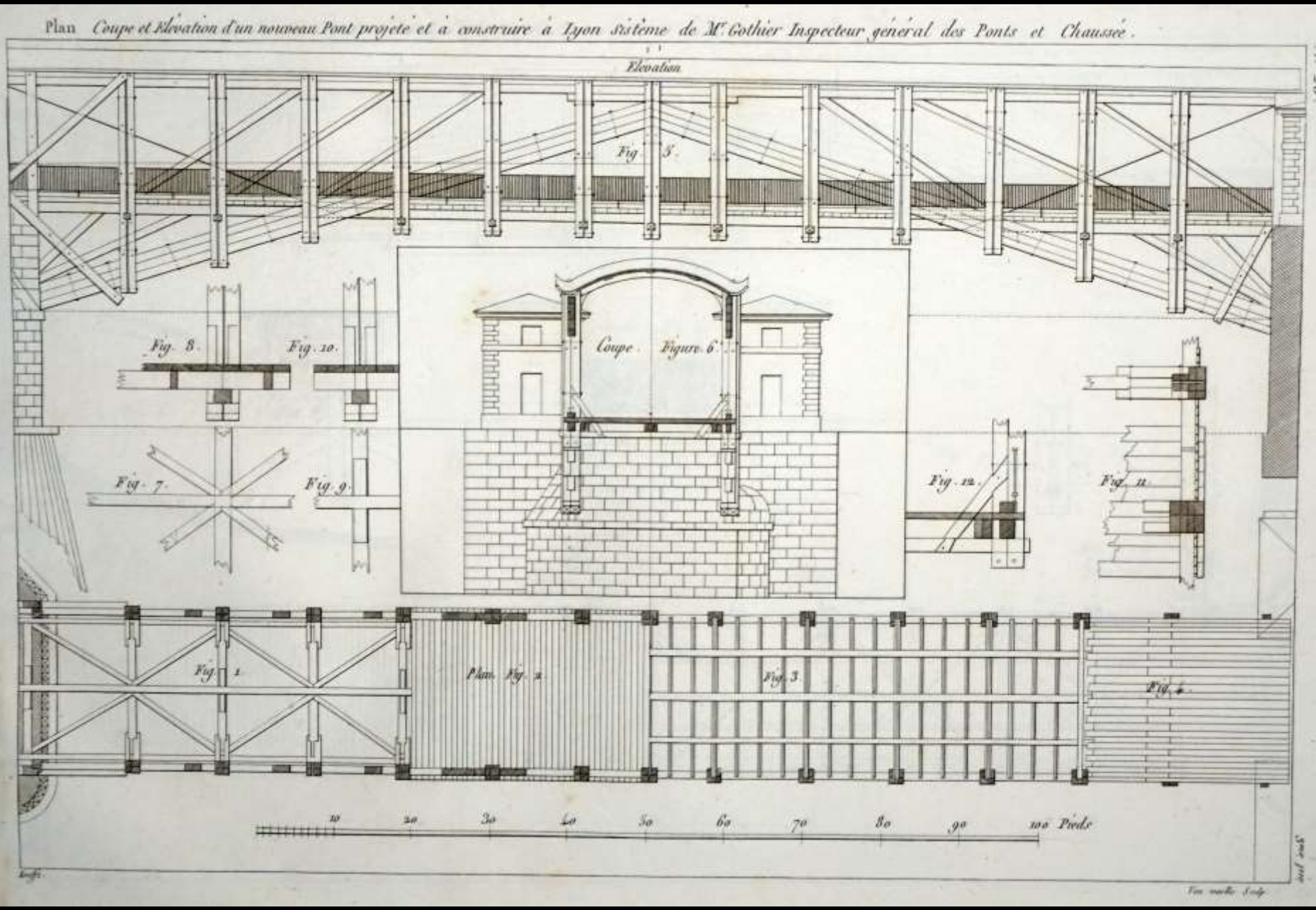
Fahrbahn an einem vom Brückenlängsträger unabhängigen Sprengwerk aufgehängt



Prinzip des Hängesprengwerks (Jacob Leupold 1726)

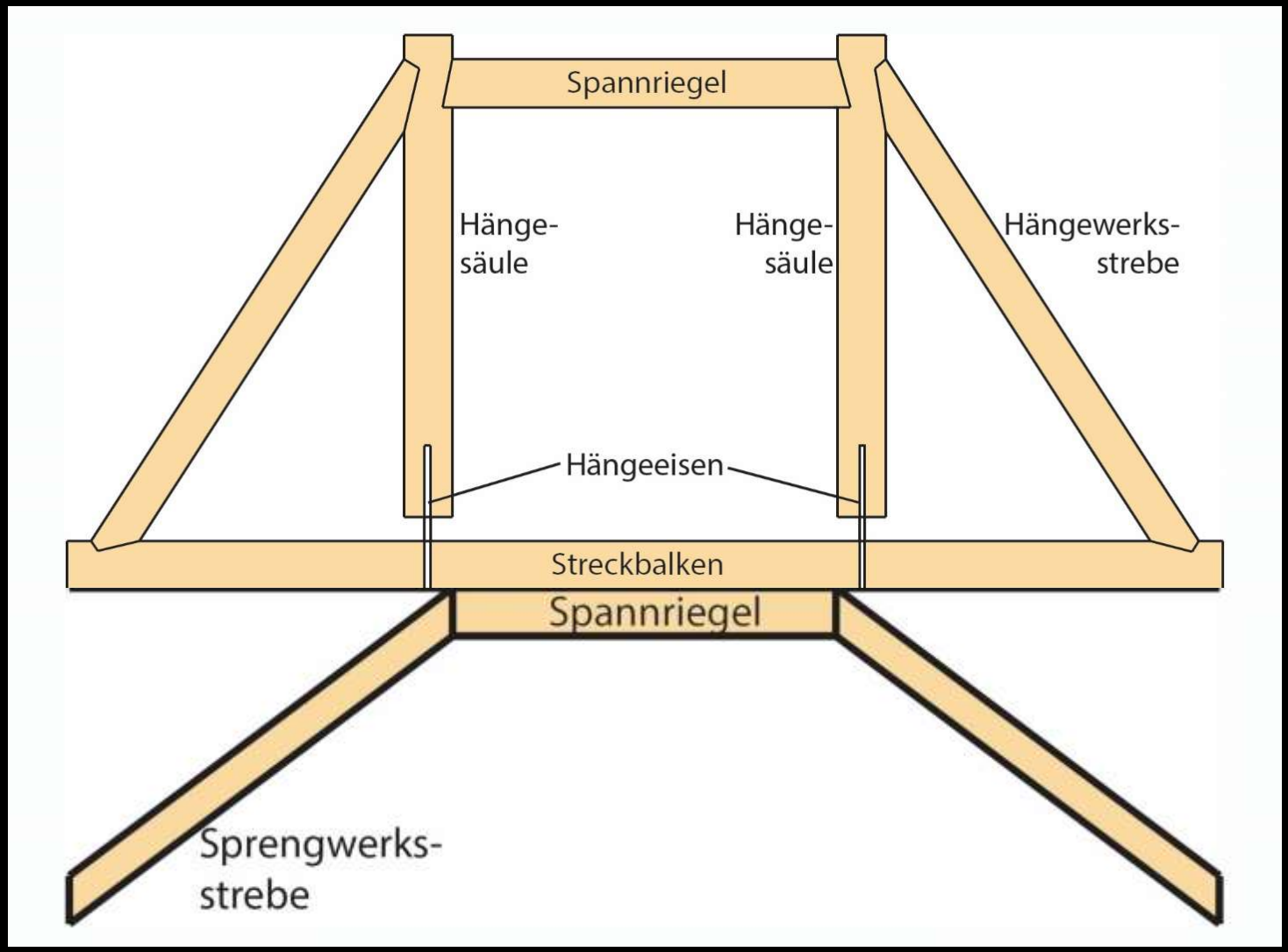


Prinzip des Hängesprengwerks (Krafft 1805)

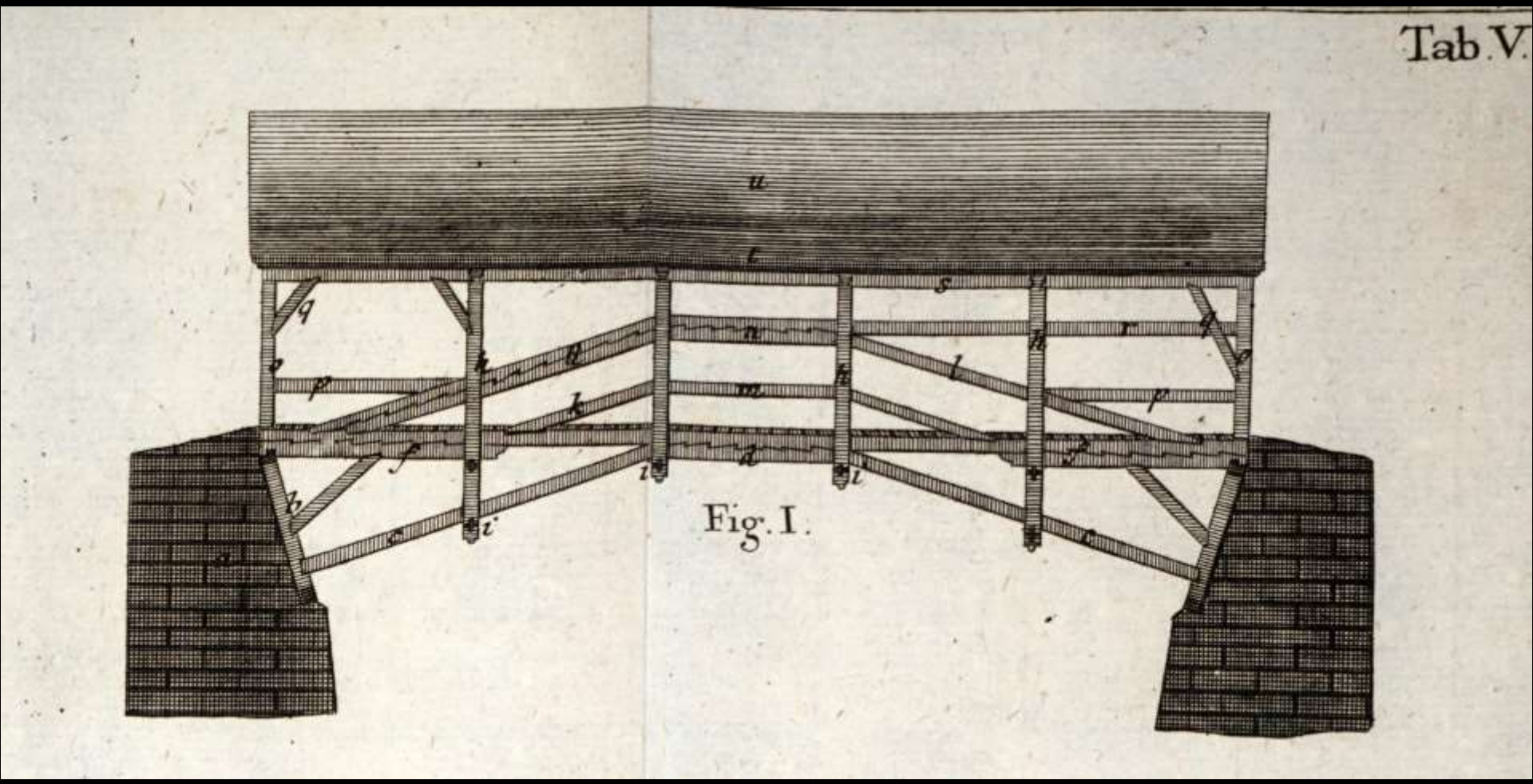


Brücke als kompliziertes Hängesprengwerk (Jean-Charles Krafft 1805 nach E.-M. Gauthey)

Hängewerk, unterstützt durch Sprengwerk

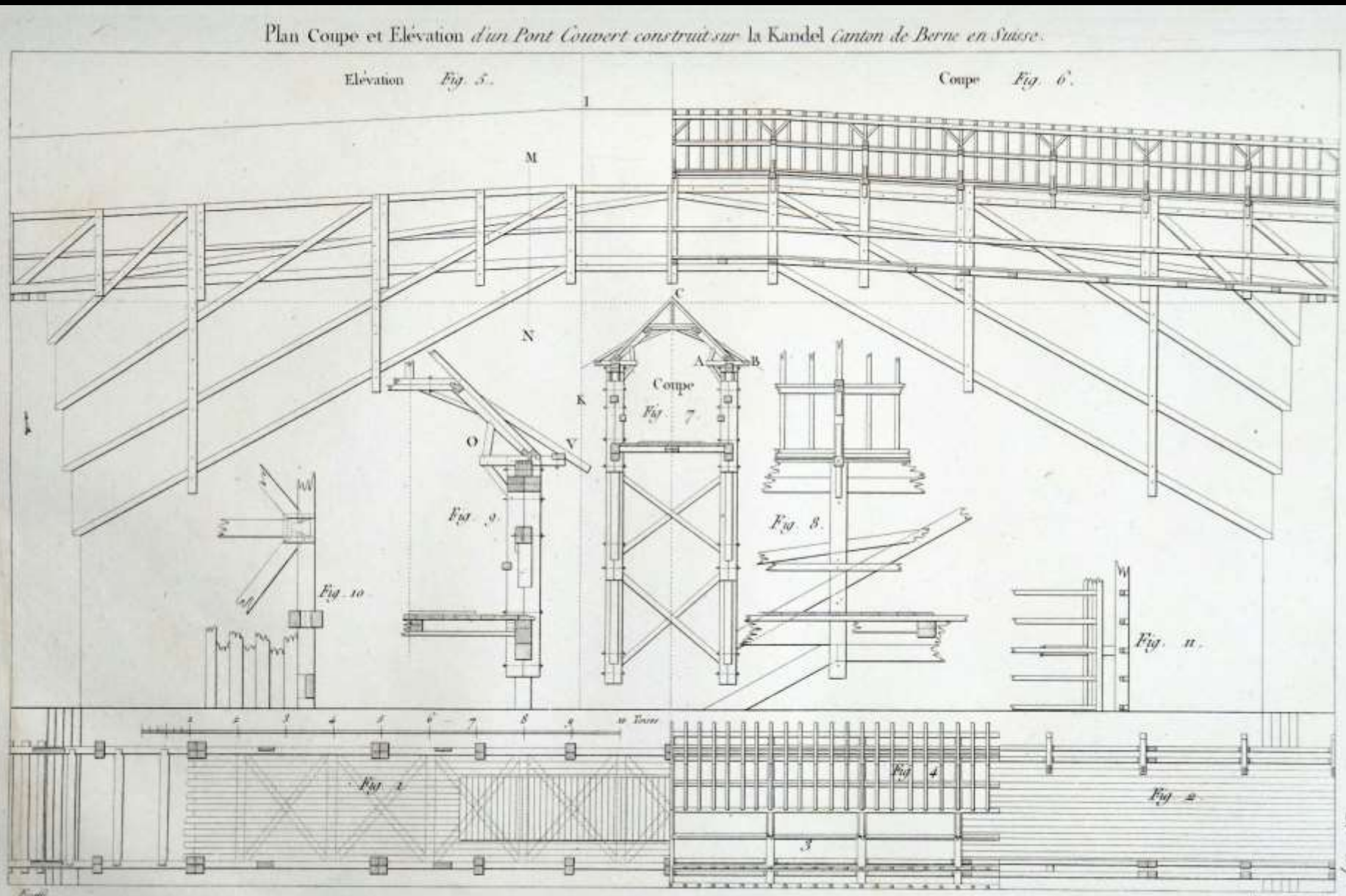


Kombination von Hänge- und Sprengwerk



Doppeltes Hängewerk, unterstützt durch Sprengwerk (Caspar Walter 1766)

Hängewerk, unterstützt durch Sprengwerk (Brückenmodell, St. Gallen, Ende 18. Jh.)

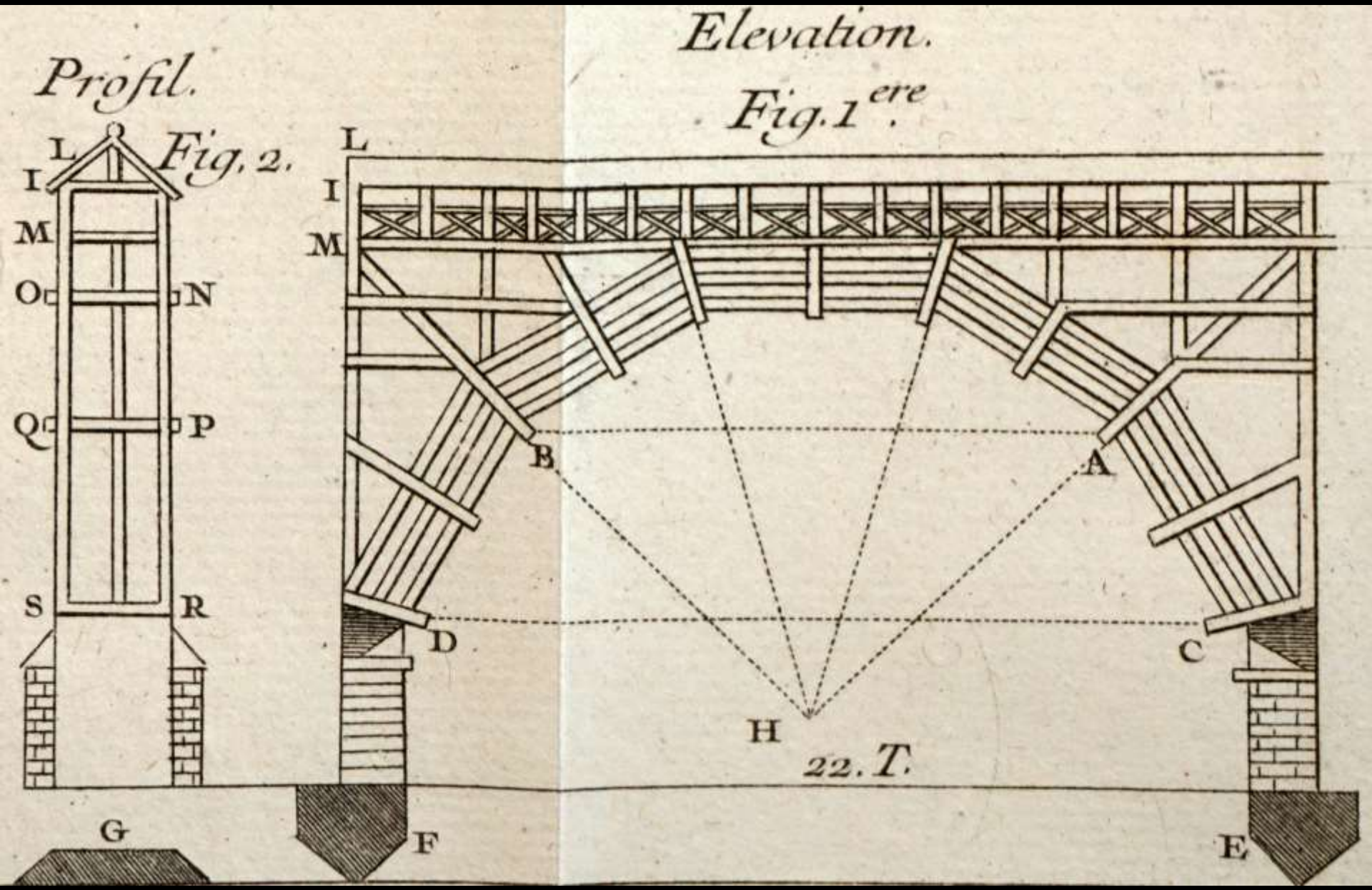


Sprengwerksbrücke über die Schlucht der Kander bei Wimmis (Krafft 1805)

Sprengwerksbrücke über die Schlucht der Kander bei Wimmis (Ansicht von Rothmüller, 1. H. 19. Jh.)

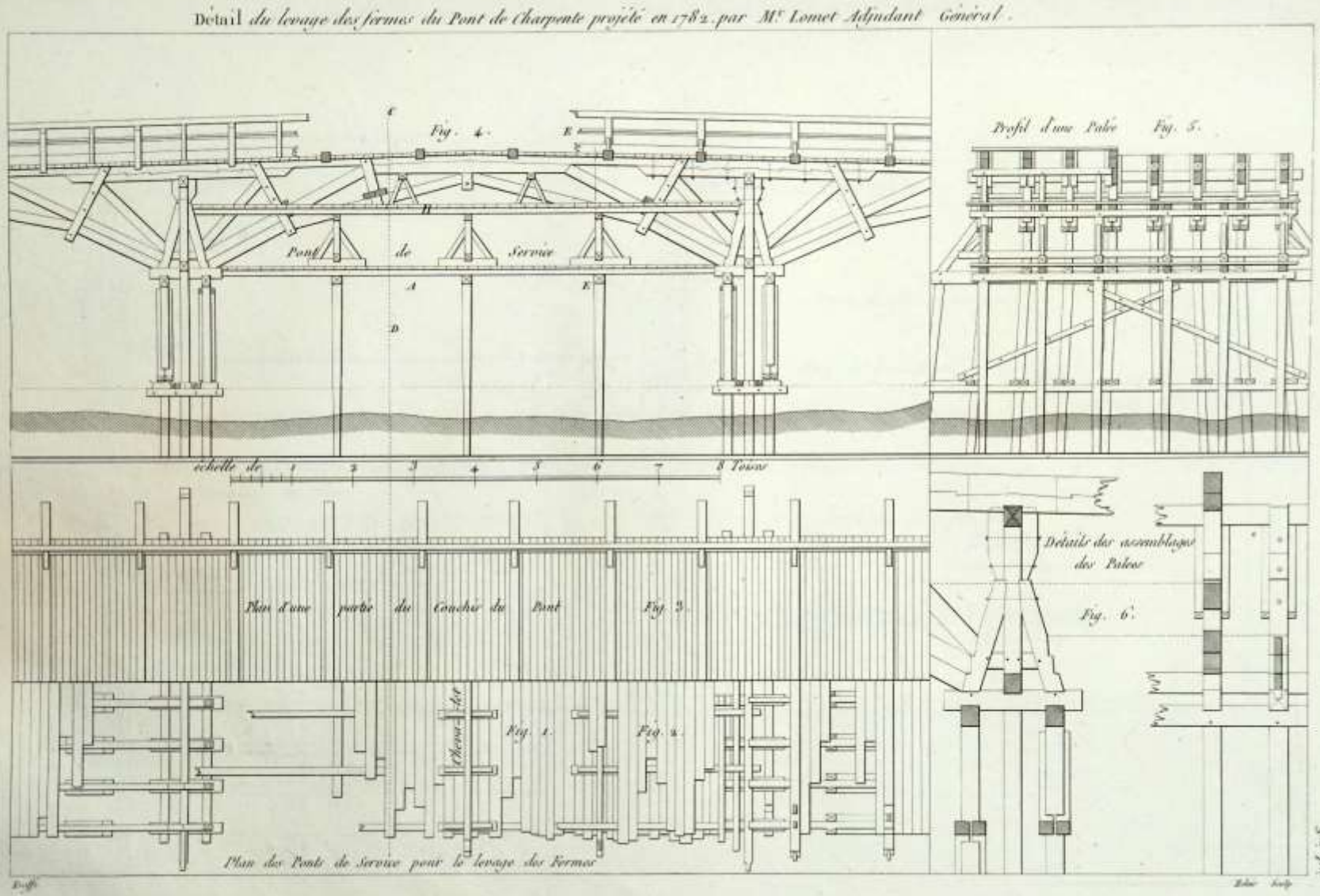
Bögen aus Holz?
Von der Imitation der Steinbrücke zum Bogenhängewerk

Der Bogen unter der Fahrbahn

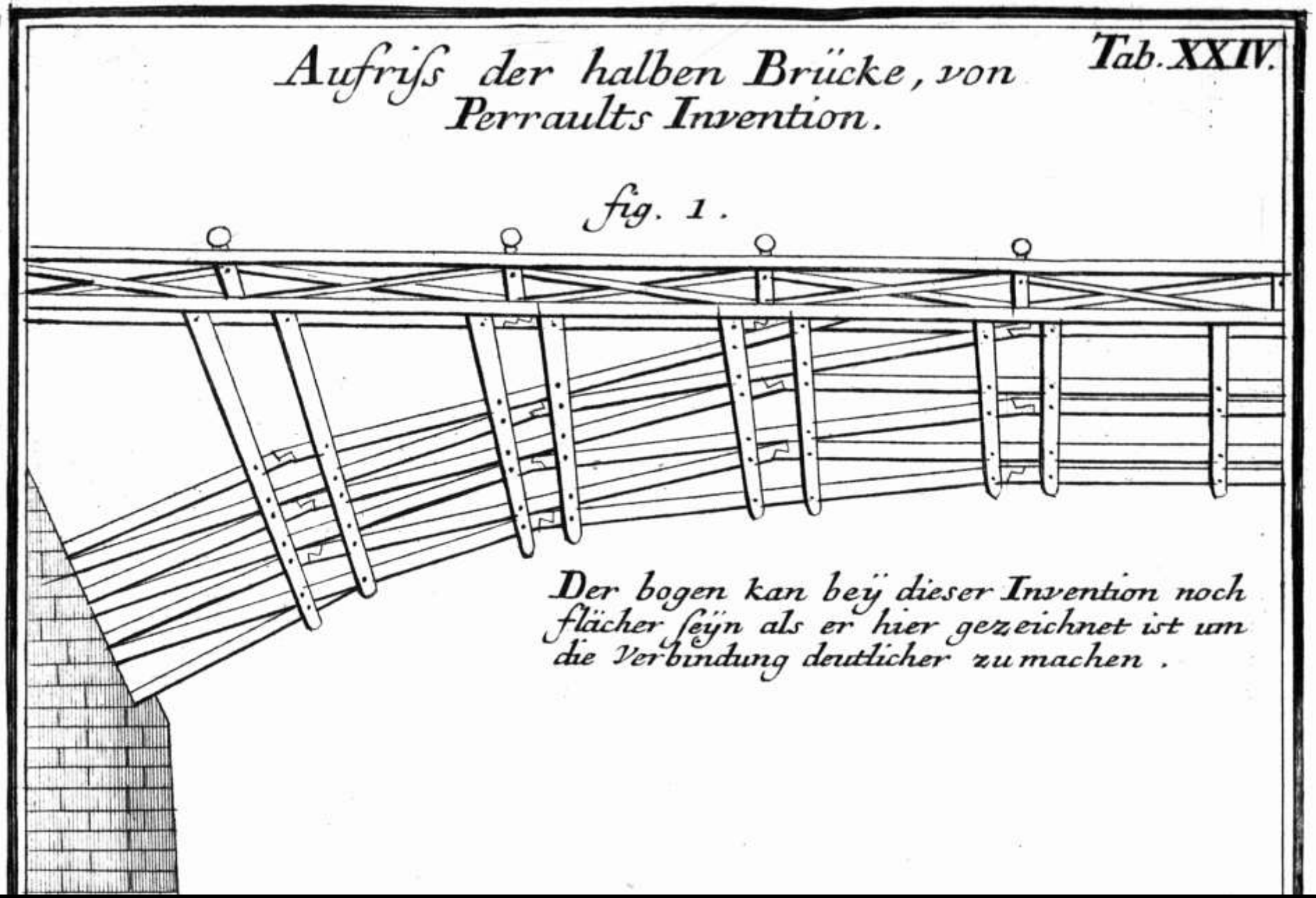


Stabbogen (polygonal gebrochener Stabzug; Henri Gautier 1716)

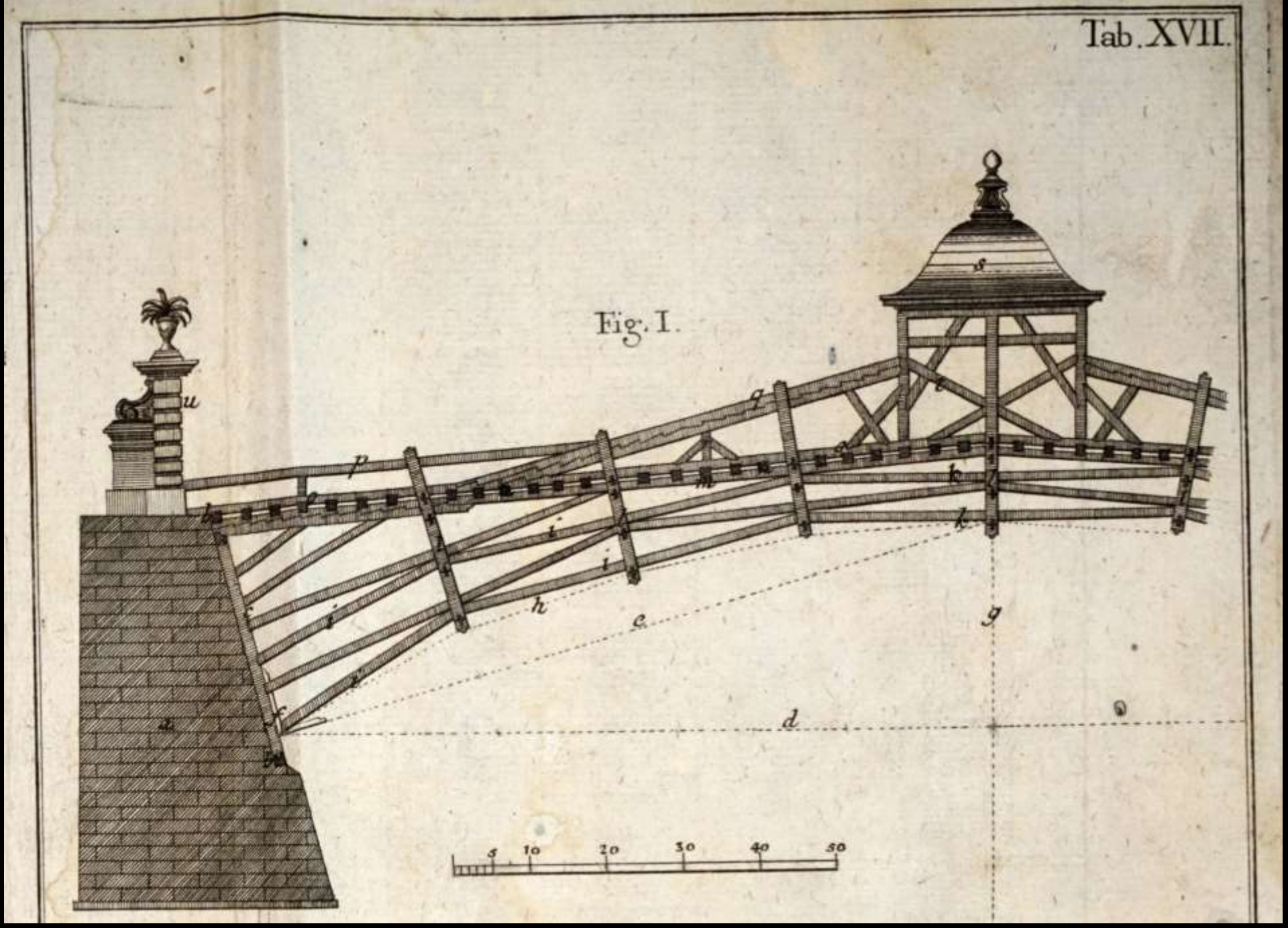
Stabbogen (Rom, Traianssäule: Brücke über die Donau)



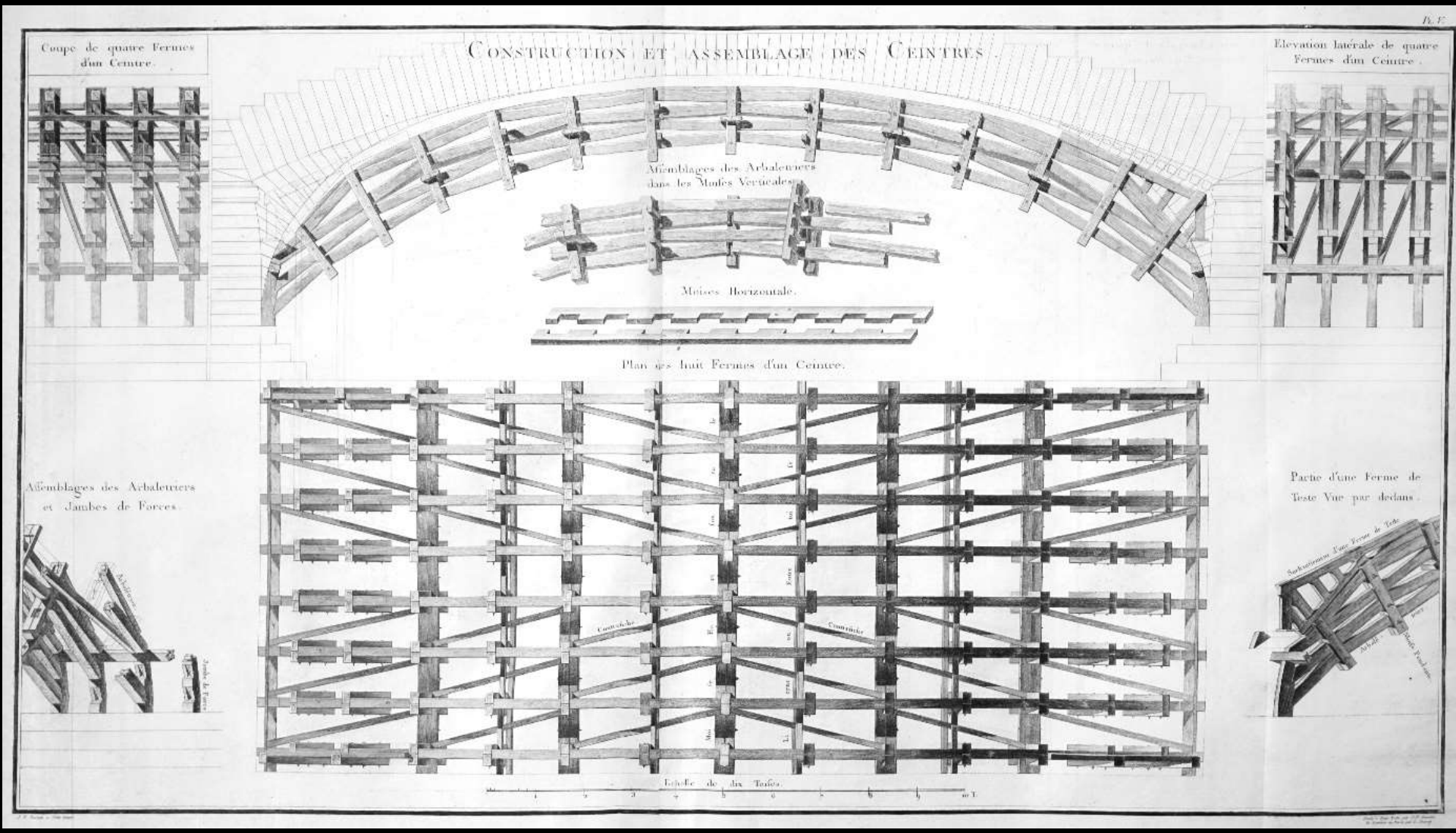
Brücke mit bogenartigem Sprengwerk unter der Fahrbahn (Krafft 1805) – hier mit Aufstellgerüst dargestellt.



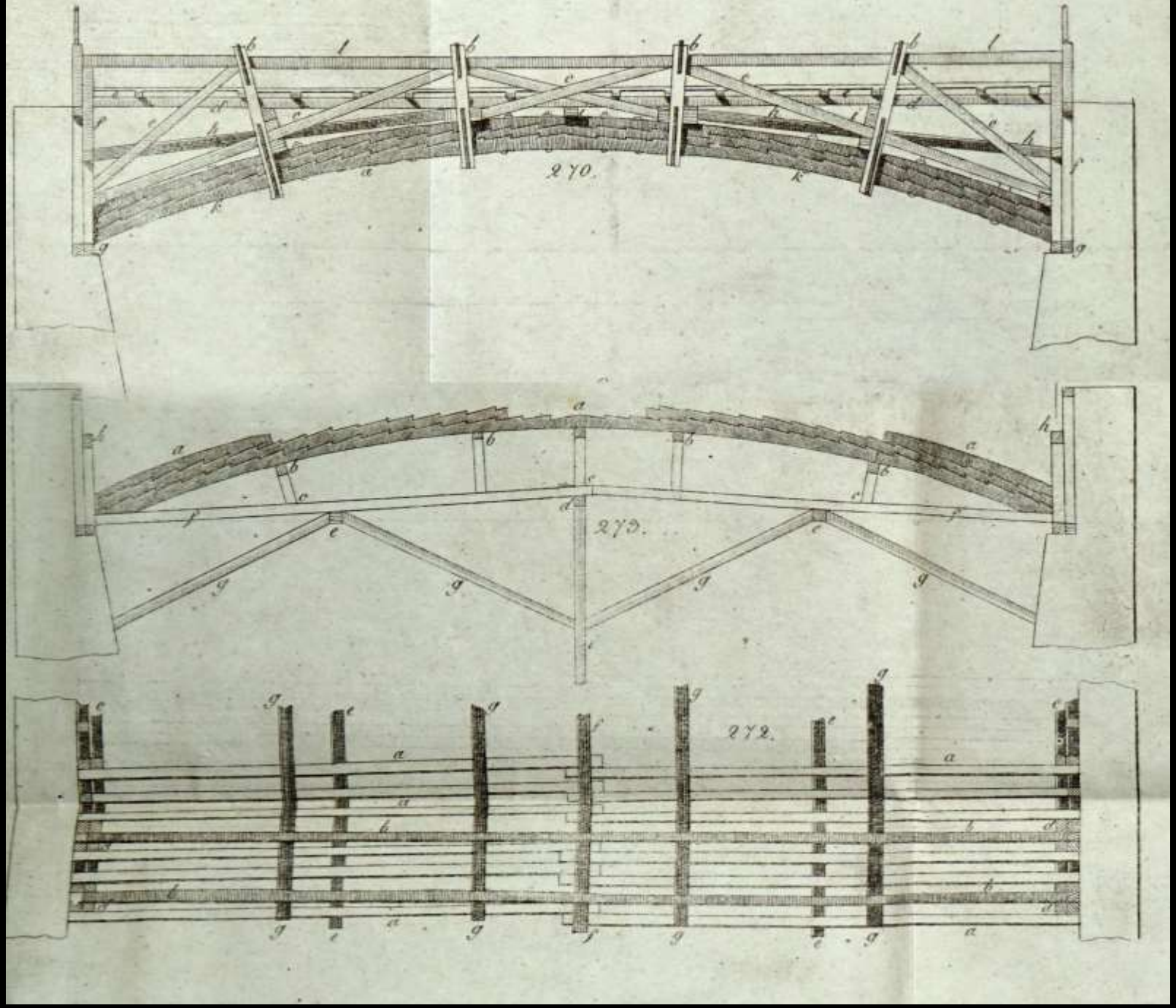
Übereck geschachtelte Polygonalbögen – eine Erfindung von Claude Perrault für eine Brücke in Sèvres
(Leonhard Christoph Sturm 1719)



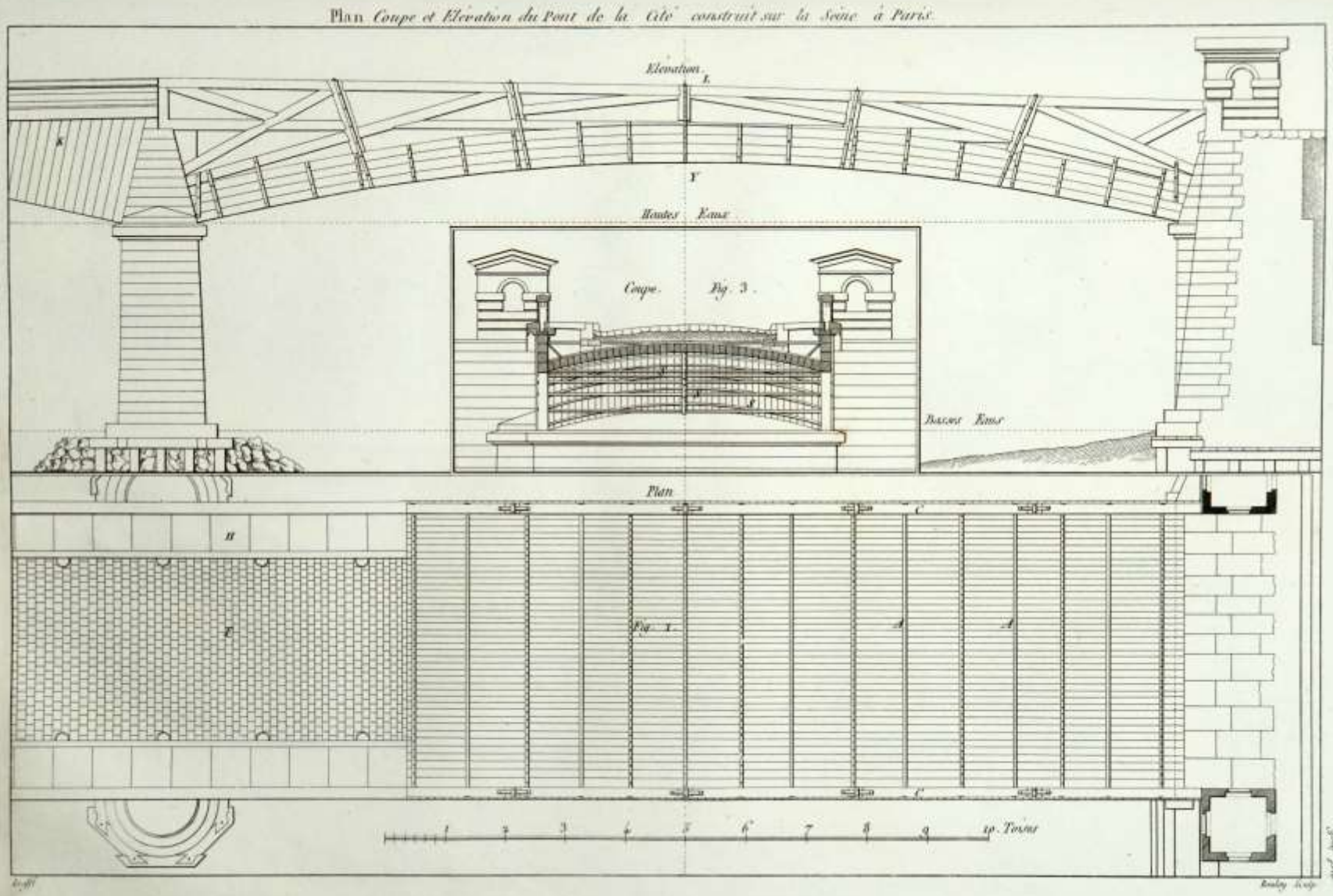
Übereck geschachtelte Polygonalbögen (Caspar Walter 1766)



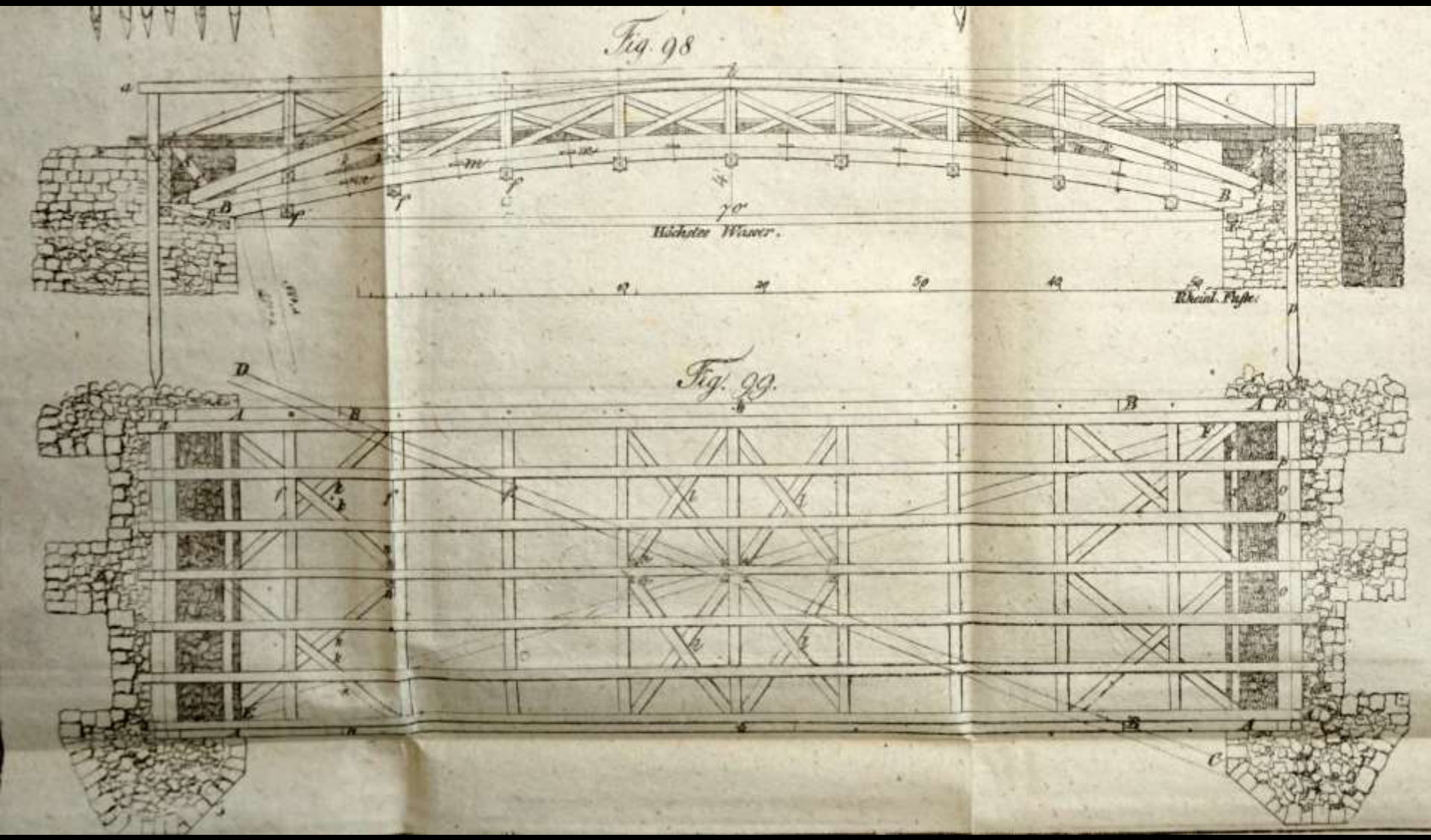
Übereck geschachtelte Polygonalbögen für Lehrgerüste steinerner Brücken (Jean-Rodolphe Perronet 1788)



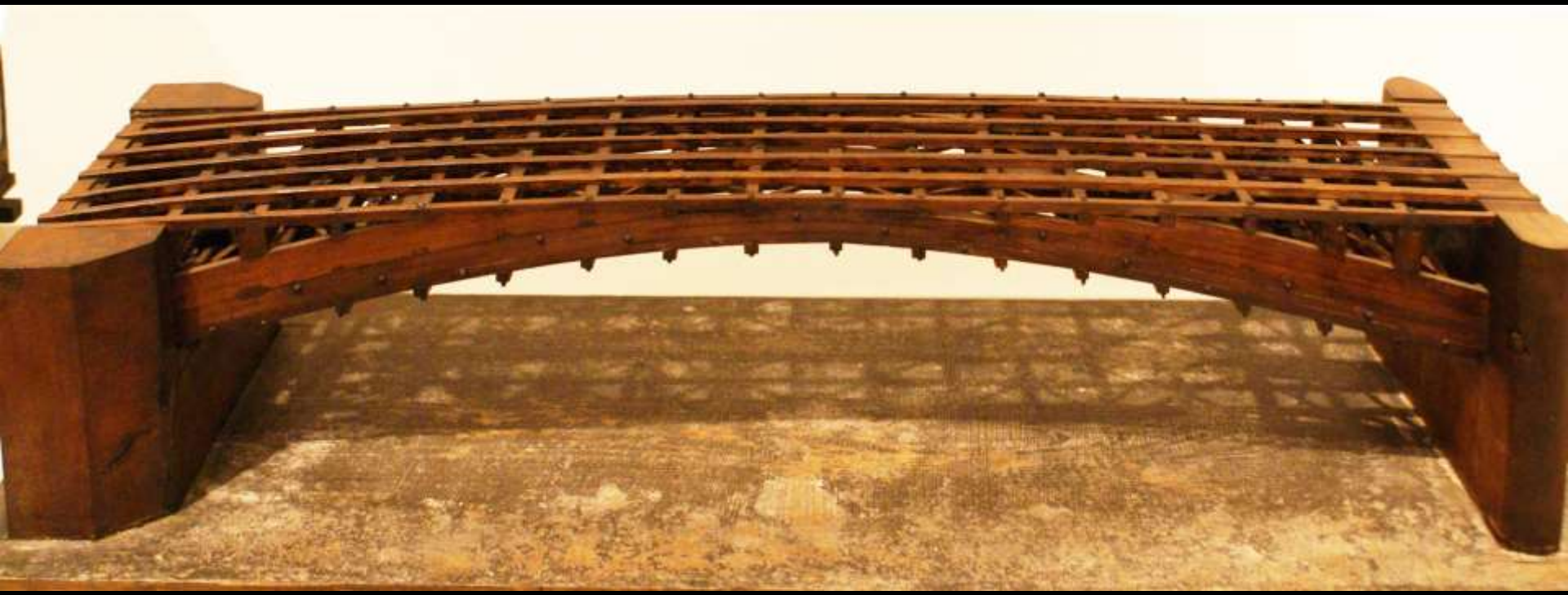
Massives Bogentragwerk unter der Brückenbahn und Herstellung der Verzahnung (Sax 1814)



Unverzahnter Holzbogen unter der Fahrbahn – keine gute Lösung! (Pont de la Cité, Paris; Krafft 1805)



Verdübelter Bogen (C.L.A. Röder 1821)

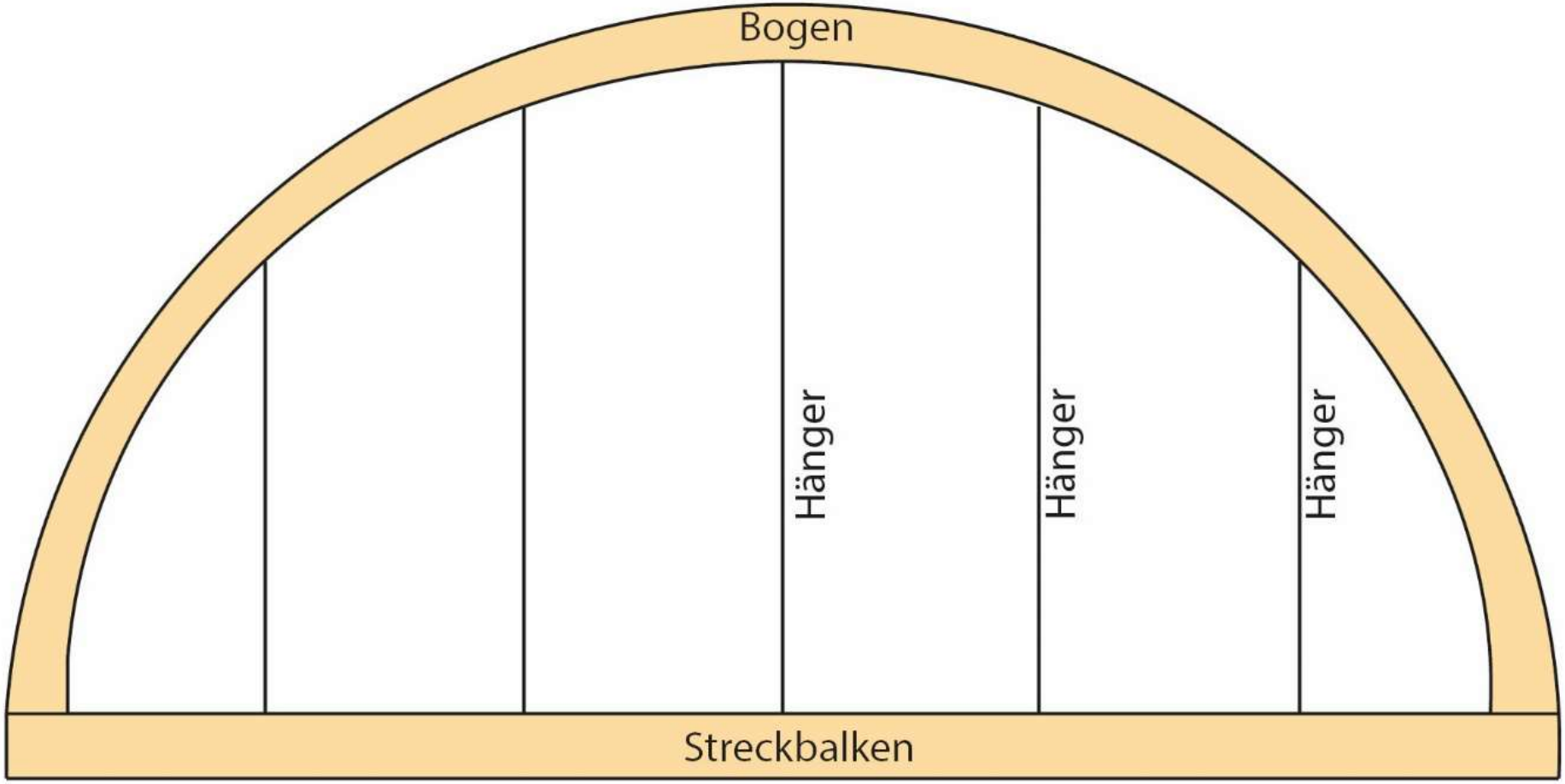


Verdübelter Bogen (Brückenmodell nach Carl Friedrich von Wiebeking 1812, Augsburg, Maximilianmuseum)

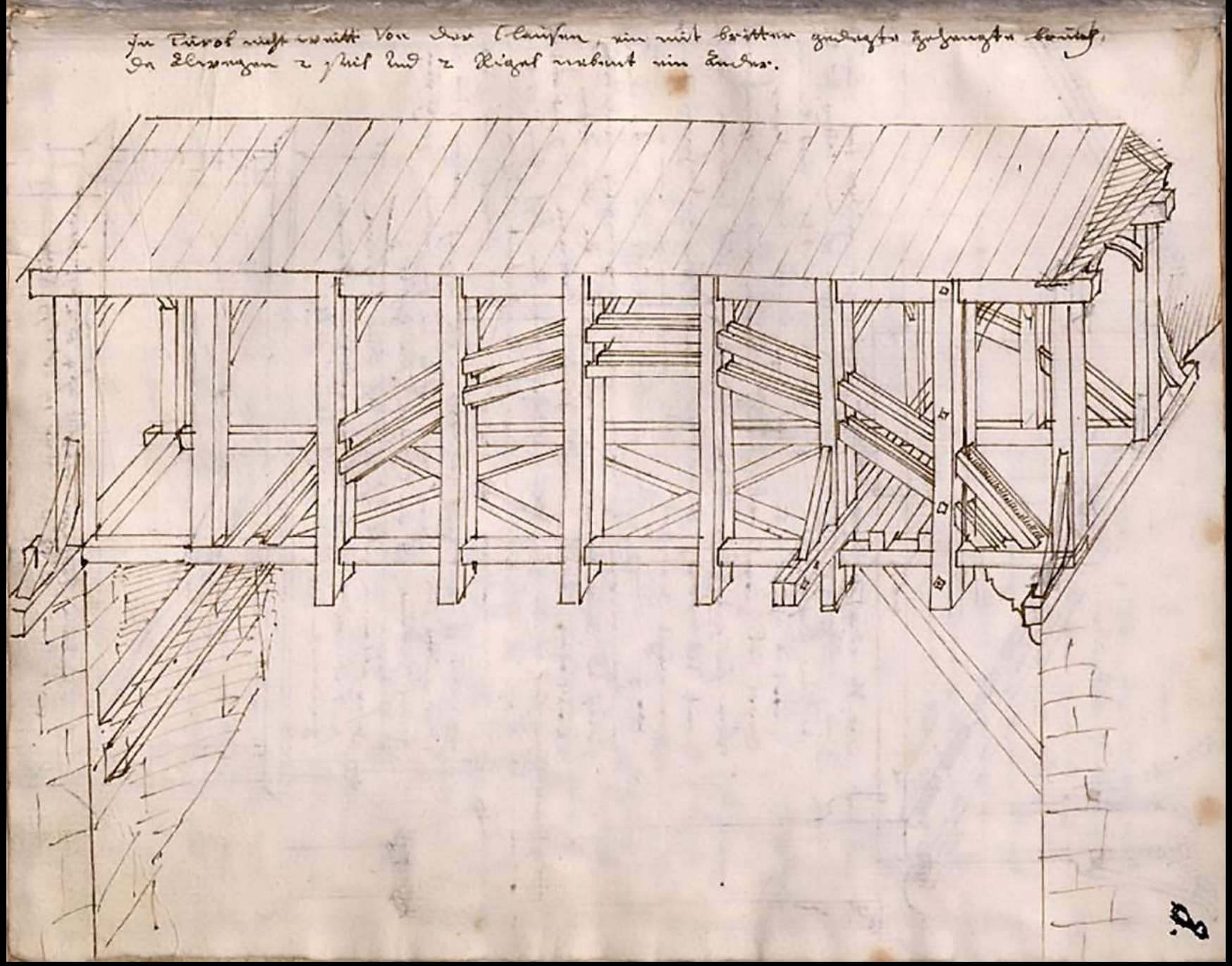
Verdübelter Bogen (Brückenmodell nach Carl Friedrich von Wiebeking 1812, Augsburg, Maximilianmuseum)

Gedeckte Brücke über die Saltine bei Brieg-Ried, Simplonstrasse (N. Céard und J. Cordier um 1806)
(aus: Céard, Robert: Souvenirs des travaux du Simplon, 1837)

Der Bogen über der Fahrbahn
Bogenhängewerke und Bogenhängesprengwerke



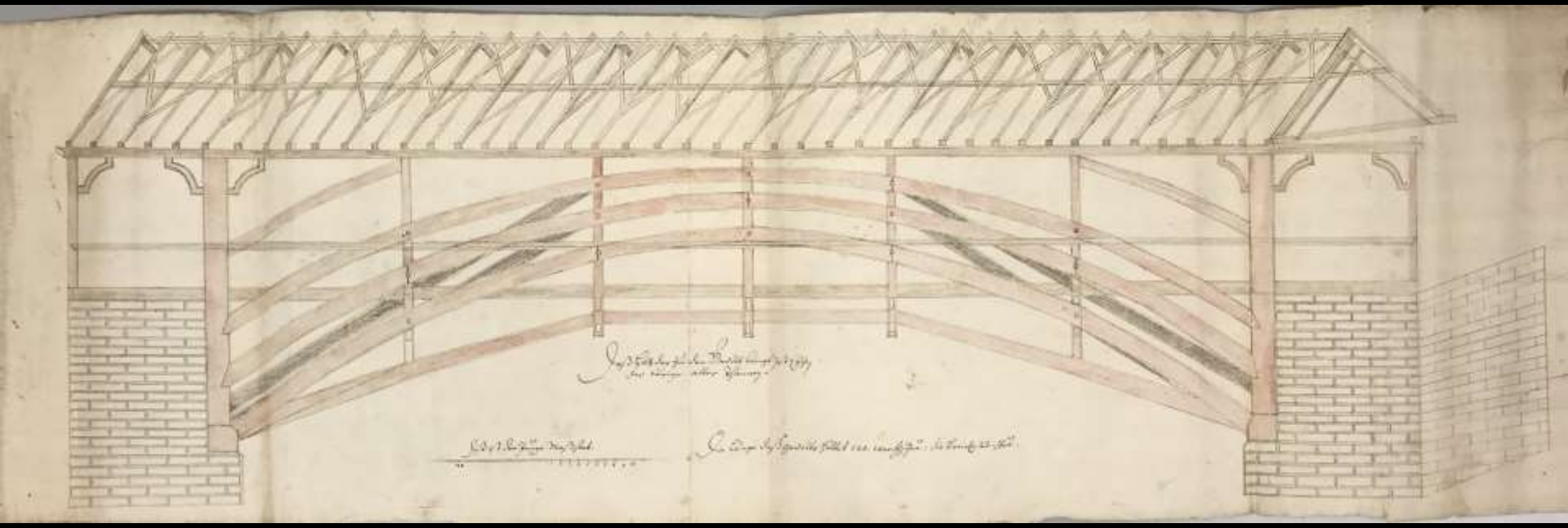
Prinzip des Bogenhängewerks



Heinrich Schickhard, *Raiss in Italia*, 1598 (Ms. Cod. hist. qt. 148, WLB Stuttgart): Brücke bei Klausen/Südtirol

Baden (AG), Brücke über die Limmat von Hans Schüep und Michael Egger 1649
(Originalmodell im Museum Baden)
(Spannweite 120 Fuss, damals grösste Holzbrücke Europas!)

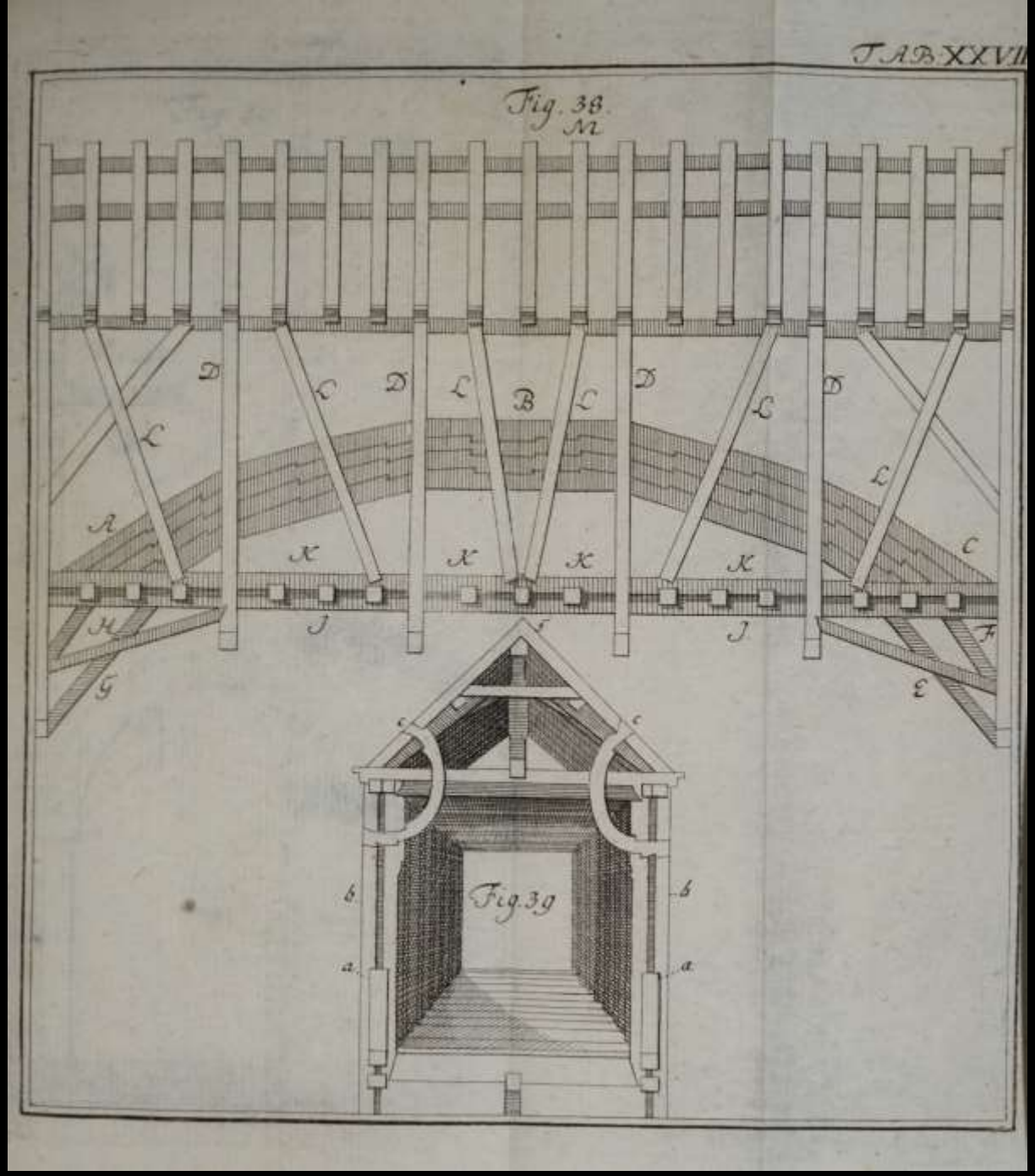
Baden (AG), Brücke von Hans Schüep und Michael Egger 1649 (Stich: Scheuchzer 1732, Ausschnitt)



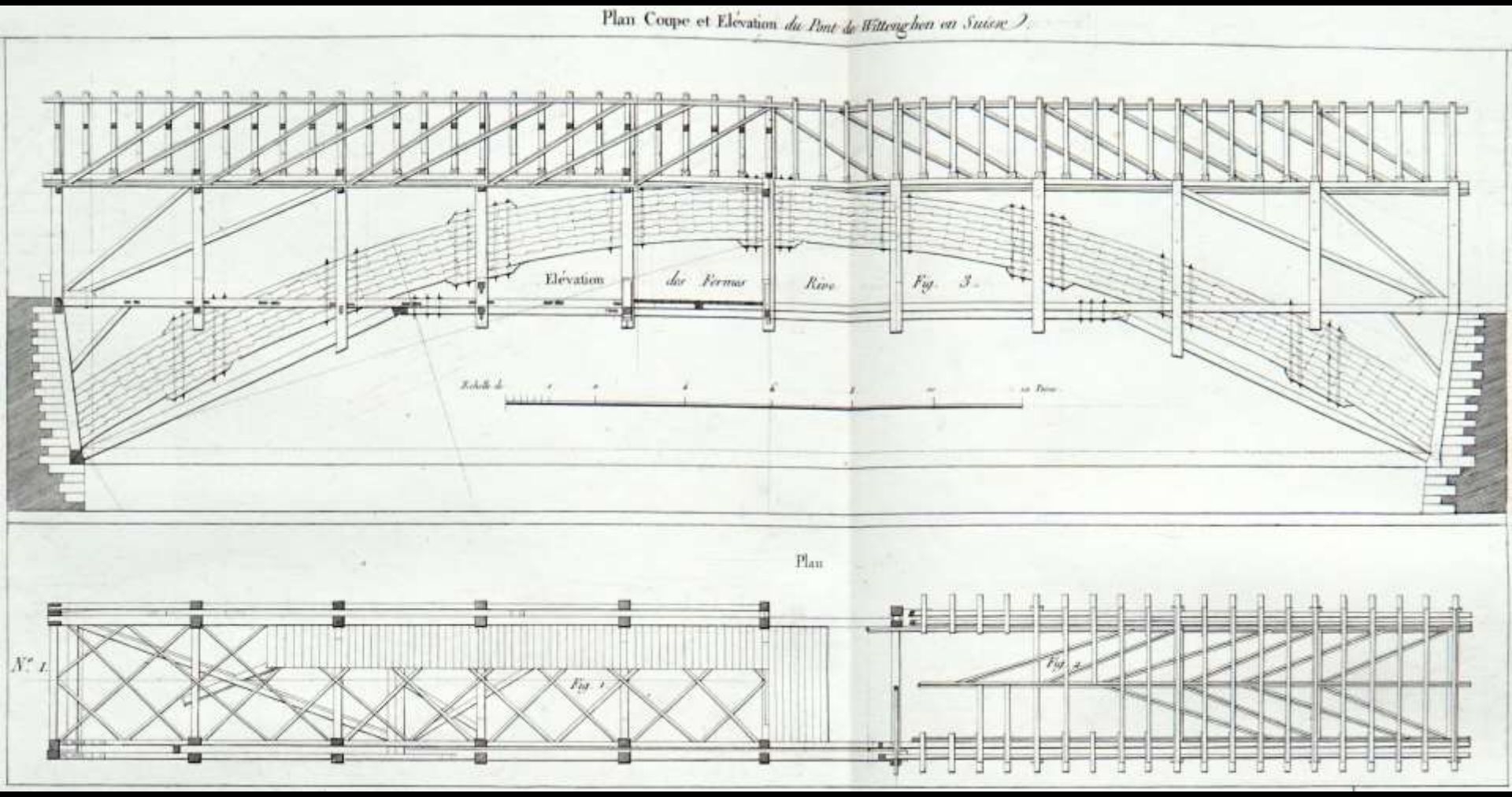
Baden (AG), Brücke von Hans Schüep und Michael Egger 1649
(Originalplan, Saatsarchiv Basel, A 1, 102)

Baden (AG), Brücke von Hans Schüep und Michael Egger 1649
(Originalmodell, vermutlich wie ausgeführt; Brücke ohne Streckbalken!)

Bogenhängewerk (Brücke über die Urnäsch im Hundwiler Tobel AR)



Bogenhängewerk mit verzahntem Massivholzbogen (Johann Esaias Silberschlag 1773)



Bogenhängewerk mit verzahntem Massivholzbogen
(erste nachweisbar gebaute Brücke dieser Art: Limmatbrücke Wettingen, H.-U. Grubenmann 1765, heute ersetzt)

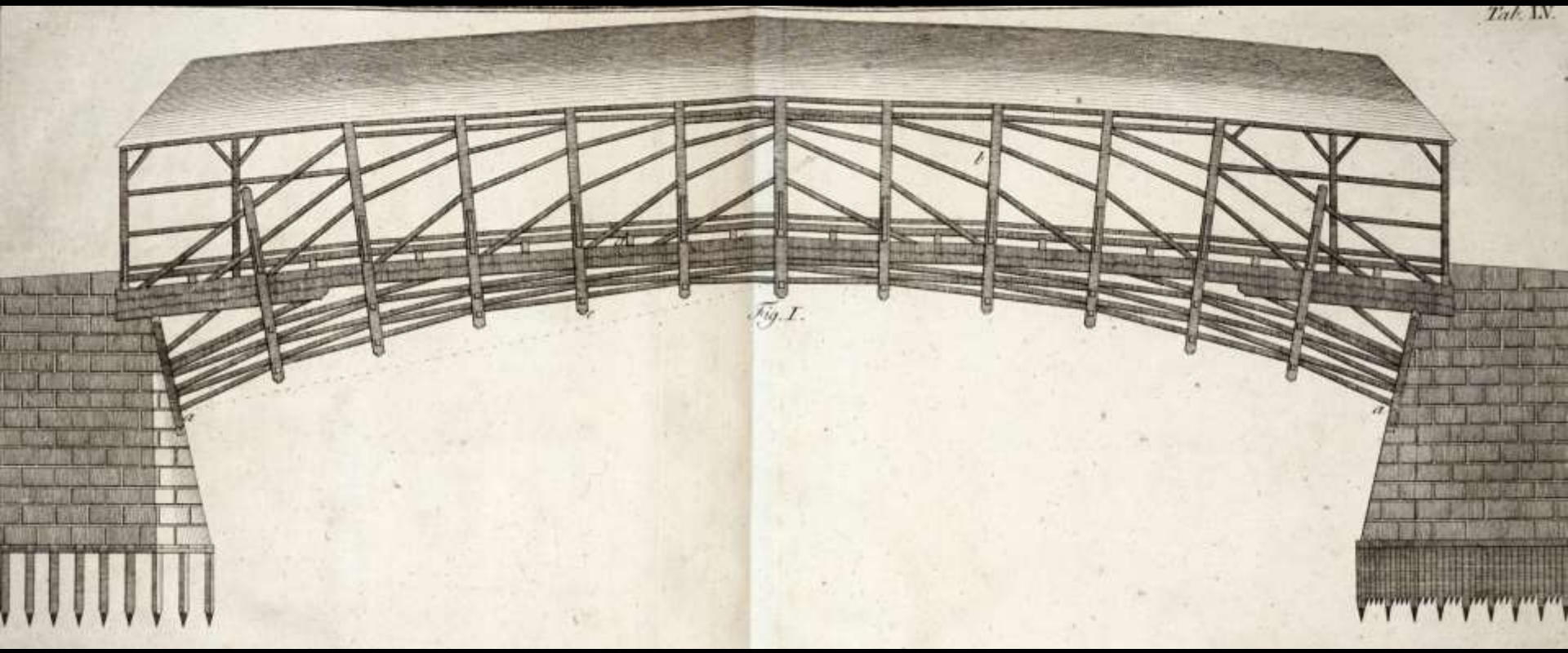
Wettingen, Limmatbrücke, H.-U. Grubenmann 1765
(originales Entwurfsmodell im Tiefbauamt Aarau)

Verzahnter Bogen (Horben BE, Emmental)

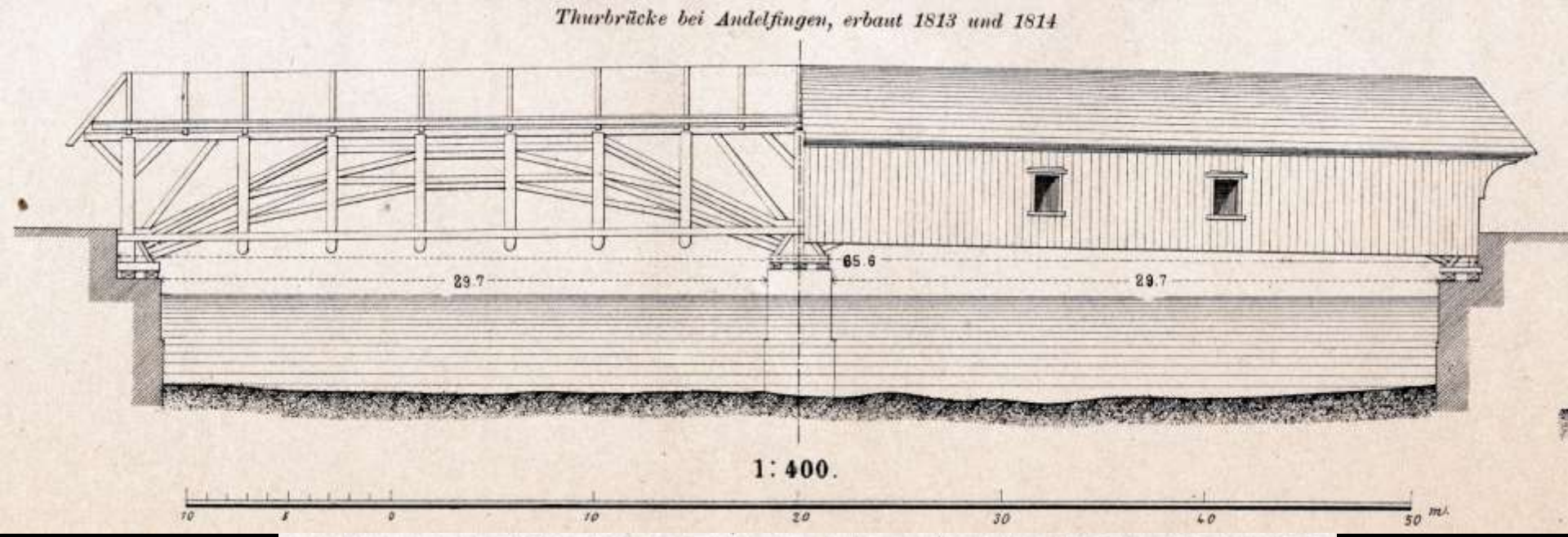
Verzahnter Bogen (Horben BE, Emmental)

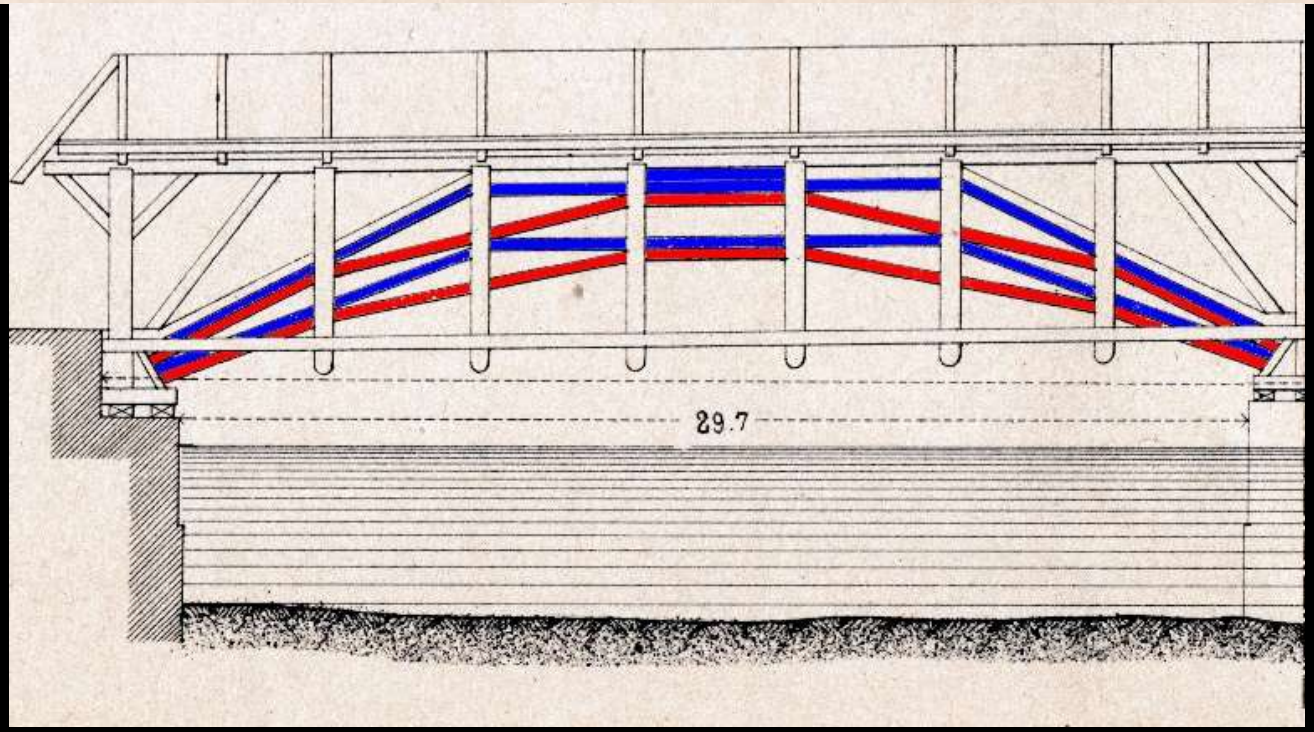
Verzahnter Bogen (heute zerstörte Brücke über die Thur in Bischofszell TG; Entwurfsmodell um 1810)
Fortschrittliches System „Bogen mit Zugband“ (Modell im Museum Bischofszell)

Verzahnter Bogen (heute zerstörte Brücke über die Thur in Bischofszell TG; Entwurfsmodell um 1810)
Detail des Bogens (sechslagig, verzahnt und verkeilt)



Übereck geschachtelte Polygonalbögen und Hängewerke kombiniert (M. Brust 1801)





Übereck geschachtelte Polygonalbögen (Thurbrücke Andelfingen TG)

Übereck geschachtelte Polygonalbögen (Thurbrücke Andelfingen TG)

Übereck geschachtelte Polygonalbögen (Sihlbrücke Babenwag/Neuheim-Hirzel; Foto: C. Knobling)

Übereck geschachtelte Polygonalbögen (Sihlbrücke Babenwag/Neuheim-Hirzel; Orthomosaik: W. Potgeter)

Zwei Wände und ein Dach – die „Hüslibruggen“

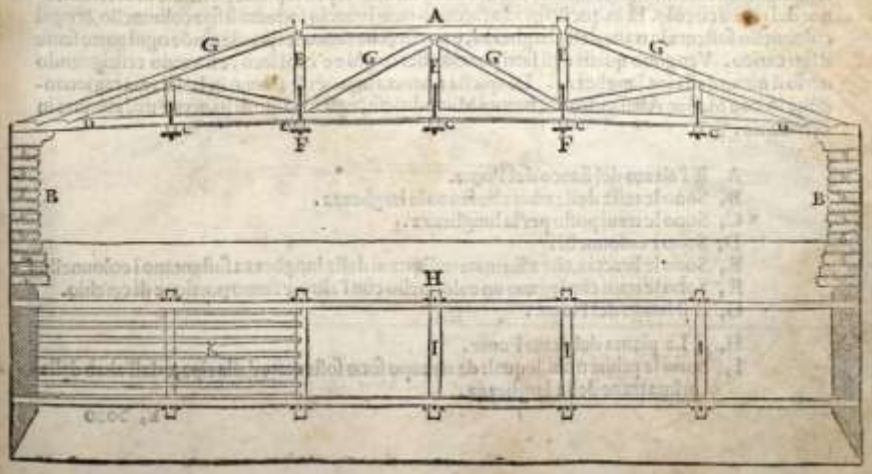
Urnäschbrücke im Kubel und Viadukt der Toggenburgbahn (SG)

Rheinbrücke Diessenhofen (TG)

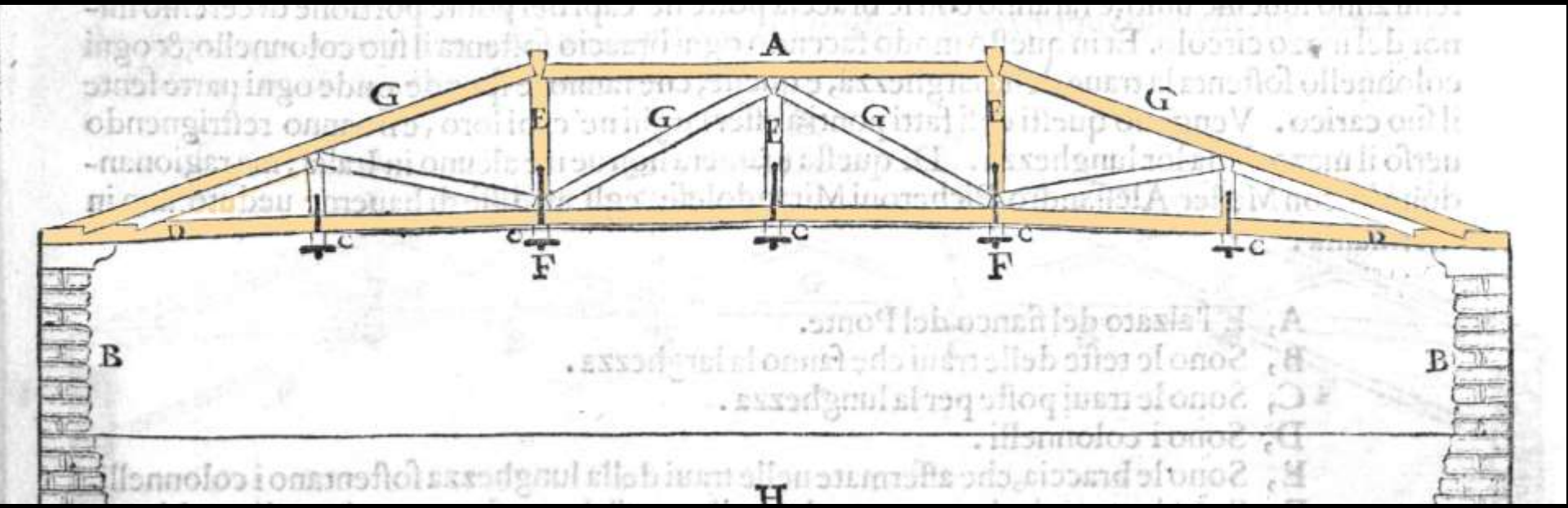
Konstruktion der „Tragwand“:
Kombination verschiedener Systeme

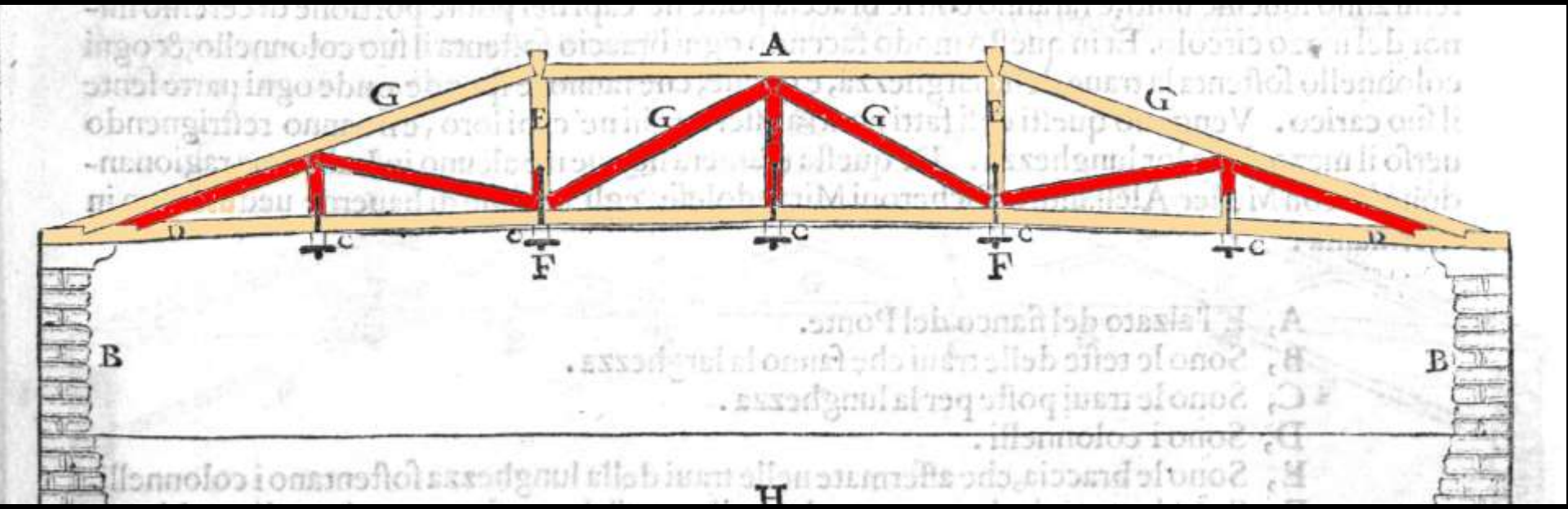
DEL PONTE DEL CISMONE. Cap. VII.

IL Cisinone è un fiume, ilquale scendendo da i Monti, che diuidono la Italia dalla Germania entra nella Brenta alquanto sopra Bassano; e perche egli è uelocissimo, e per lui i montanari mandano giù grandissima quantità di legnami, si prese risolutione di farui un Ponte, senza porre altrimenti pali nell'acqua. Percioche le traui, che ui si ficcauano, erano dalla uelocità del corso del fiume, e dalle percosse de i sassi, e de gli arbori, che da quello continuamente sono portati all'ingiù, mosse, & cauate: Onde faceua bisogno al Conte Giacomo Angaranno, ilquale è patrone del Ponte, rinouarlo ogn'anno. La inuentione di questo Ponte a mio giudicio è molto degna di auertimento, perche potrà seruire in tutte le occasioni, nelle quali si hauessero le dette difficultà; & perche i Ponti così fatti uengono à esser forti, belli, e commodi: forti perche tutte le loro parti scambieuolmente si sostentano: belli perche la tessitura de' legnami è gratiosa; & commodi, perche sono piani, e sotto una istessa linea co'l rimanente della strada. Il fiume nel luogo oue si ordinò questo ponte, è largo cento piedi. Si diuise questa larghezza in sei parti eguali, & oue è'l termine di ciascuna parte (fuor che nelle ripe, lequali si fortificarono con due pilastri di pietra) si posero le traui, che fanno il letto, e la larghezza del ponte; sopra lequali, lasciatoui un poco di spacio nell'estremità loro, si posero altre traui per il lungo, lequali fanno le sponde: sopra queste, al diritto delle prime si disposero dall'una, e l'altra parte, i colonnelli (così chiamiamo uolgarmente quelle traui, che in simili opere si pongono diritte in piedi). Questi colonnelli si incatenano con le traui, lequali ho detto, che fanno la larghezza del ponte, con ferri, che nominiamo Arpici, fatti passare per un bucco fatto à questo effetto nelle teste delle dette traui, in quella parte, che auanza oltra le traui che fanno le sponde. Questi Arpici; perche sono nella parte di sopra à lungo i detti colonnelli diritti, e piani, e forati in più lochi, & nella parte di sotto uicino alle dette traui grossi, e con un sol foro assai grande; furono inchiodati nel colonnello, e serrati poi di sotto con stanghette di ferro fatte à questo effetto, onde rendono in modo unita tutta l'opera, che le traui, che fanno la larghezza, e quelle delle sponde sono come di un pezzo con i colonnelli, & in tal modo uengono i colonnelli à sostentarle traui, che fanno la larghezza del ponte; e sono poi essi sostentati dalle braccia, che uanno da un colonnello all'altro: onde tutte le parti l'una per l'altra si sostentano, e tale uiene à esser la lor natura, che quanto maggior carico è sopra il ponte, tanto più si stringono insieme, e fanno maggior la fermezza dell'opera. Tutte le dette braccia, e l'altre traui, che fanno la tessitura del ponte non sono larghe più di un piede, ne grosse piu di tre quarti. Ma quelle traui che fanno il letto del ponte, cioè che sono poste per il lungo, sono molto più sottile.



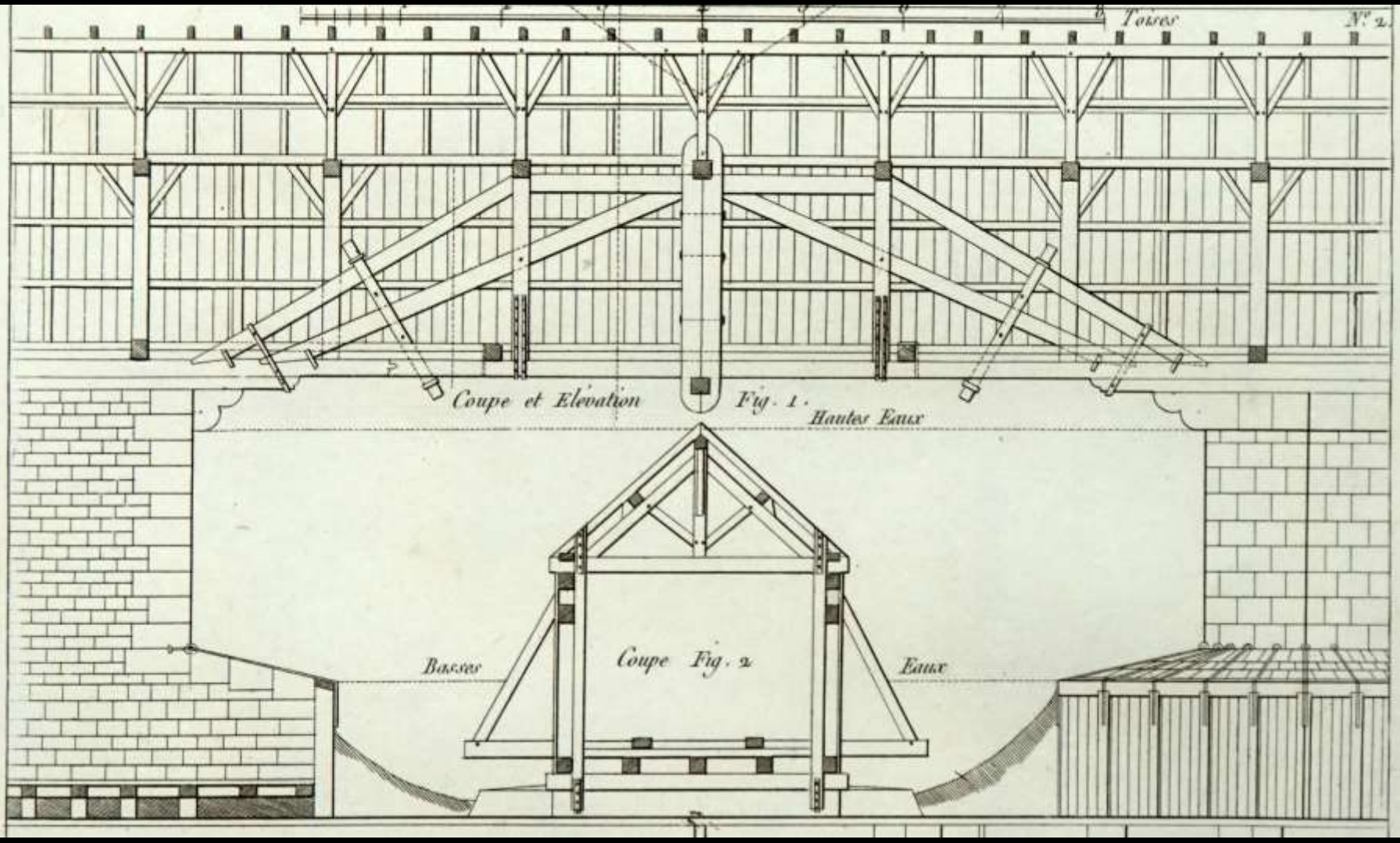
Rekursive „Schachtelung“ der Tragsysteme (Palladio 1570)





Rekursive „Schachtelung“ der Tragsysteme (Palladio 1570) ergibt ein „modernes“ Fachwerk

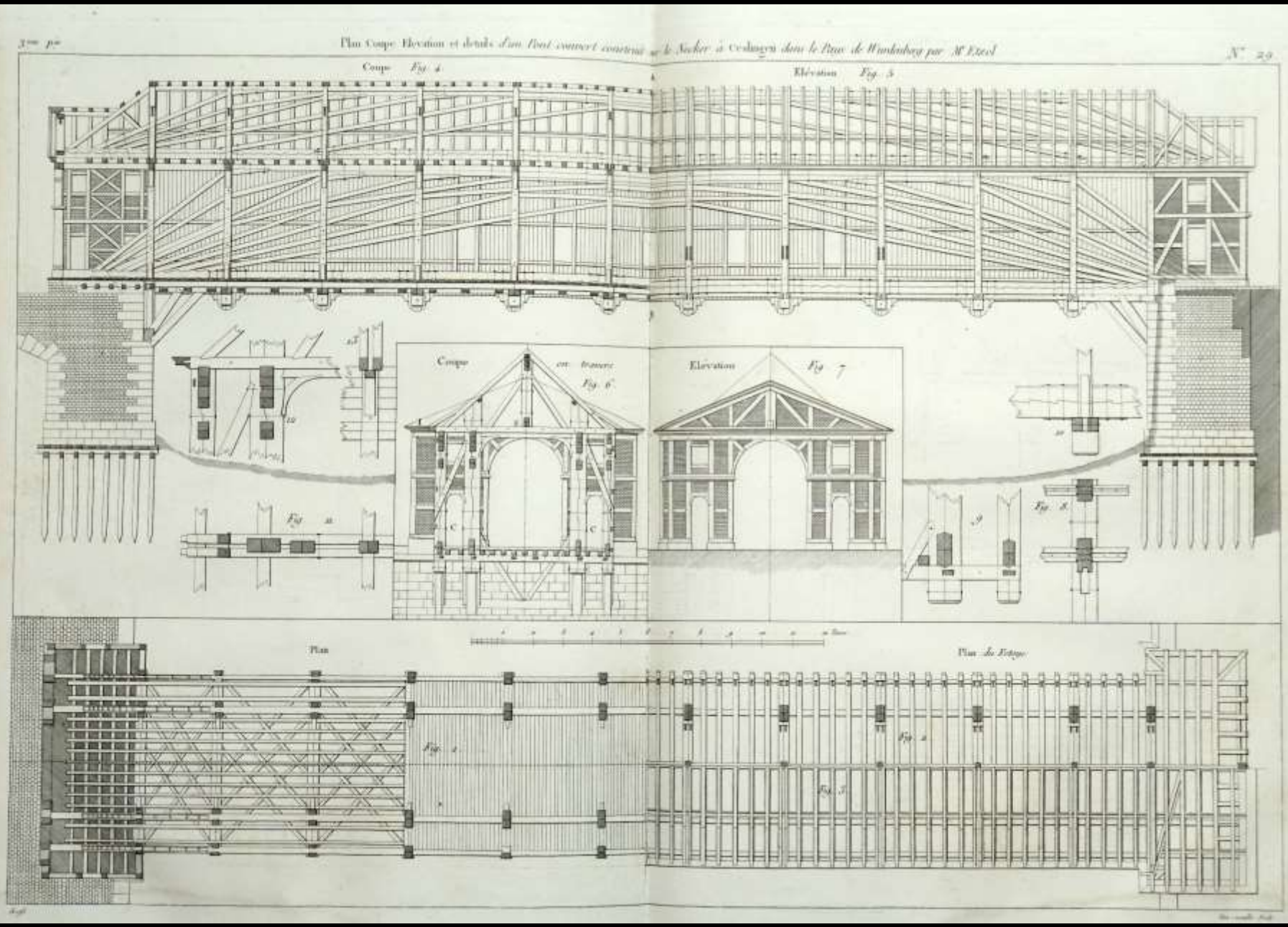
Ineinander gestellte doppelte Hängewerke (Rheinbrücke Rheinau ZH)



Doppeltes und einfaches Hängewerk, ineinandergeschachtelt (Krafft 1805)

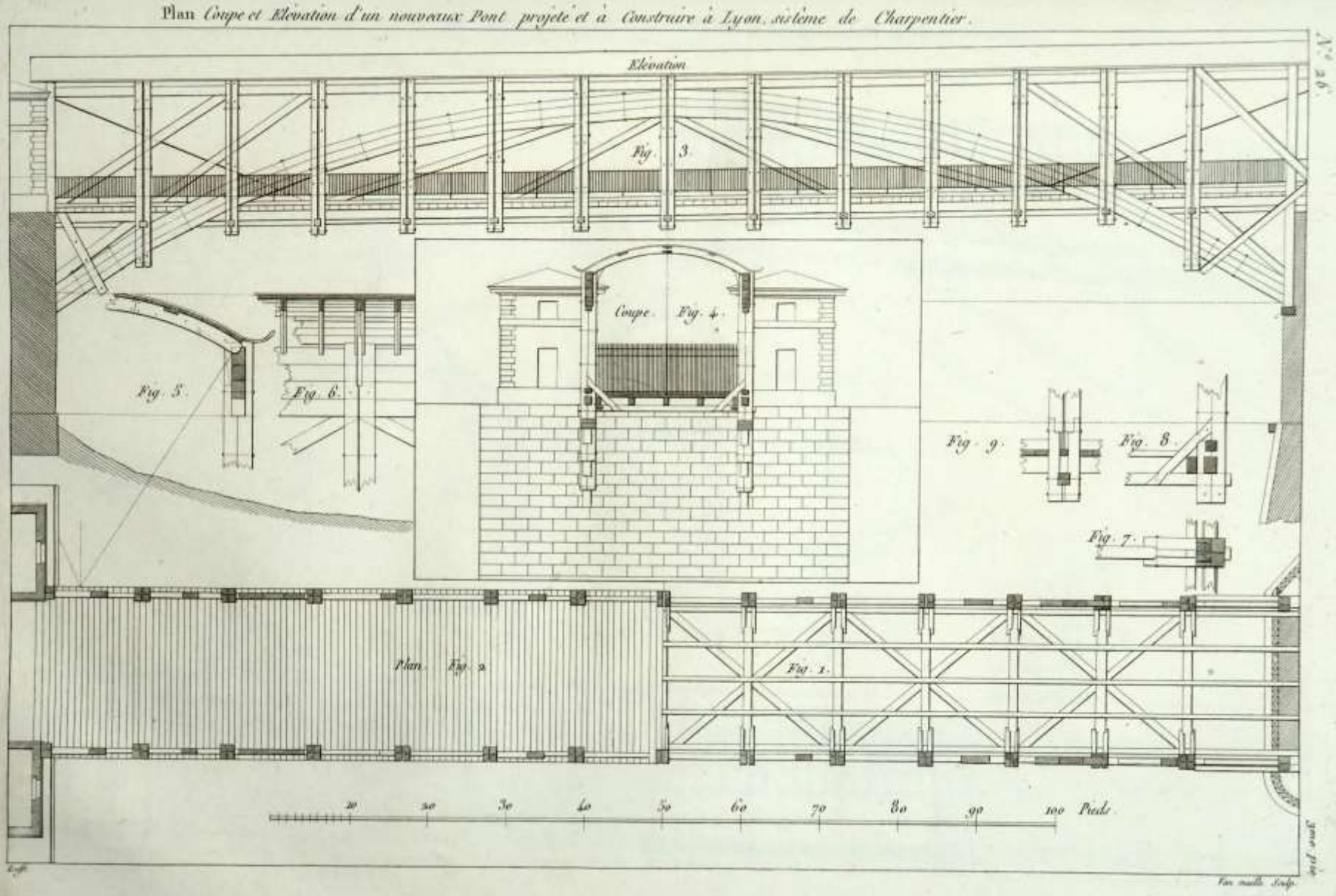
Geschachtelte Hängewerke
Brücke über einen Bach zwischen Schaffhausen und Hemishofen,1793
(Originalmodell, Gemeindeamt Hemishofen)

Doppeltes Hängewerk mit eingestelltem einfachem Hängewerk (Pont de Berne, Fribourg)



Geschachtelte, bogenartige Hängewerke (Brücke von Plochingen über den Neckar; Krafft 1805)

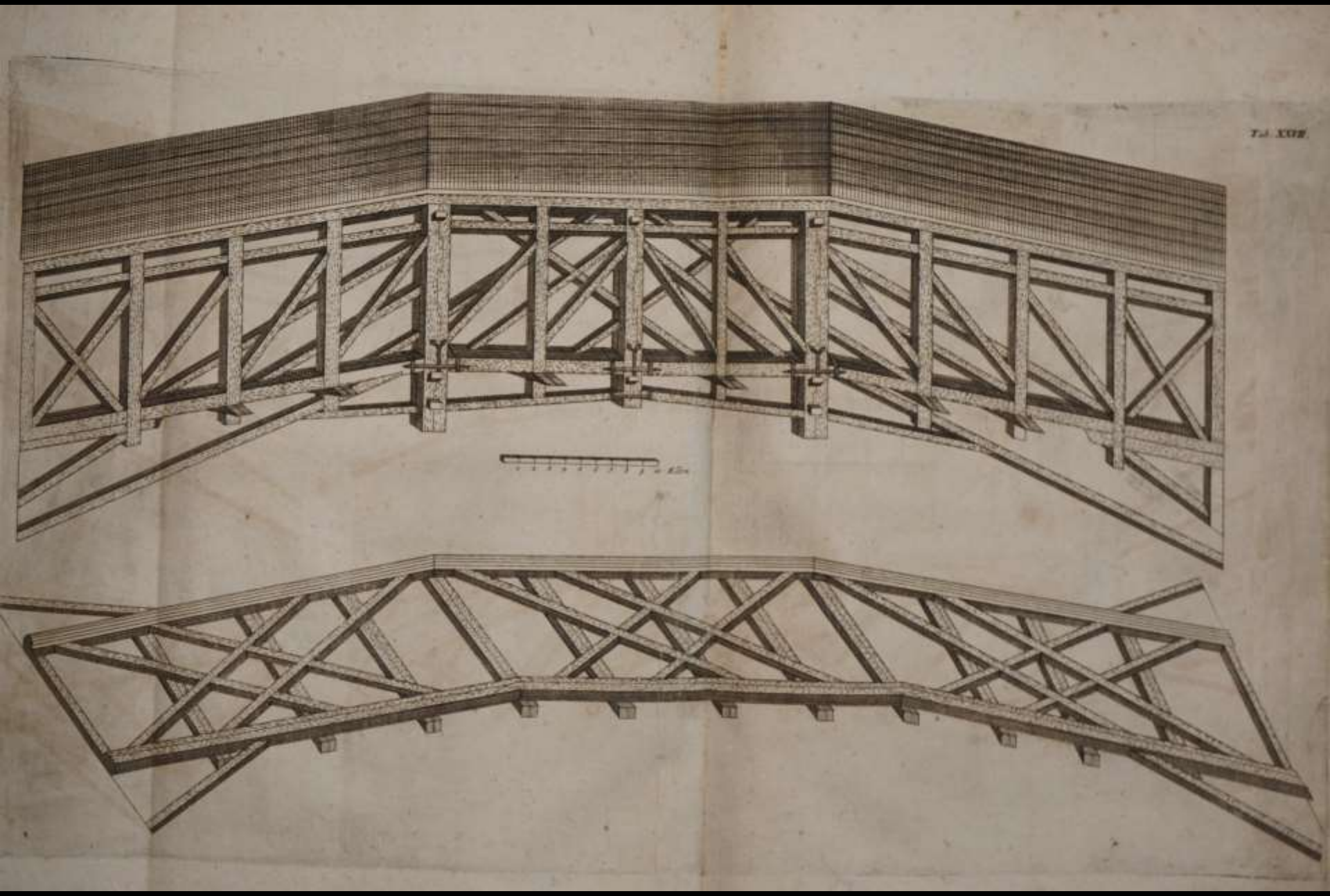
Geschachtelte Hängewerke und zweischichtige Wand (Föhlschmittenbrücke Neuravensburg)



Kombination von Holzbogen und Hängewerk (Krafft 1805)

Zwei unabhängige Tragsysteme in zwei Schichten nebeneinander: Bogen und Hängewerk (Reussbrücke Sins

Queraussteifung der Brücke gegen seitliche Windlast:
Windverbände

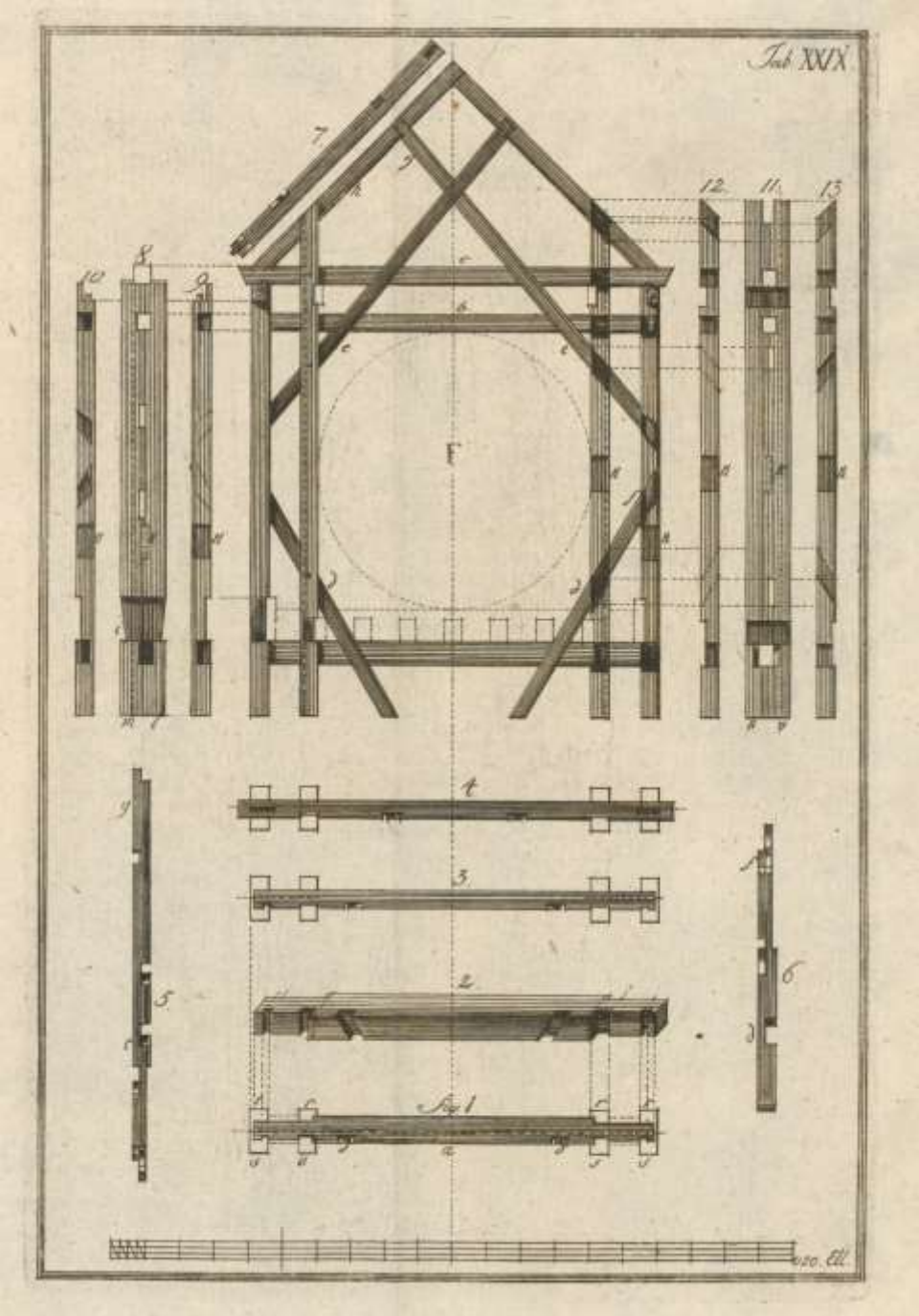


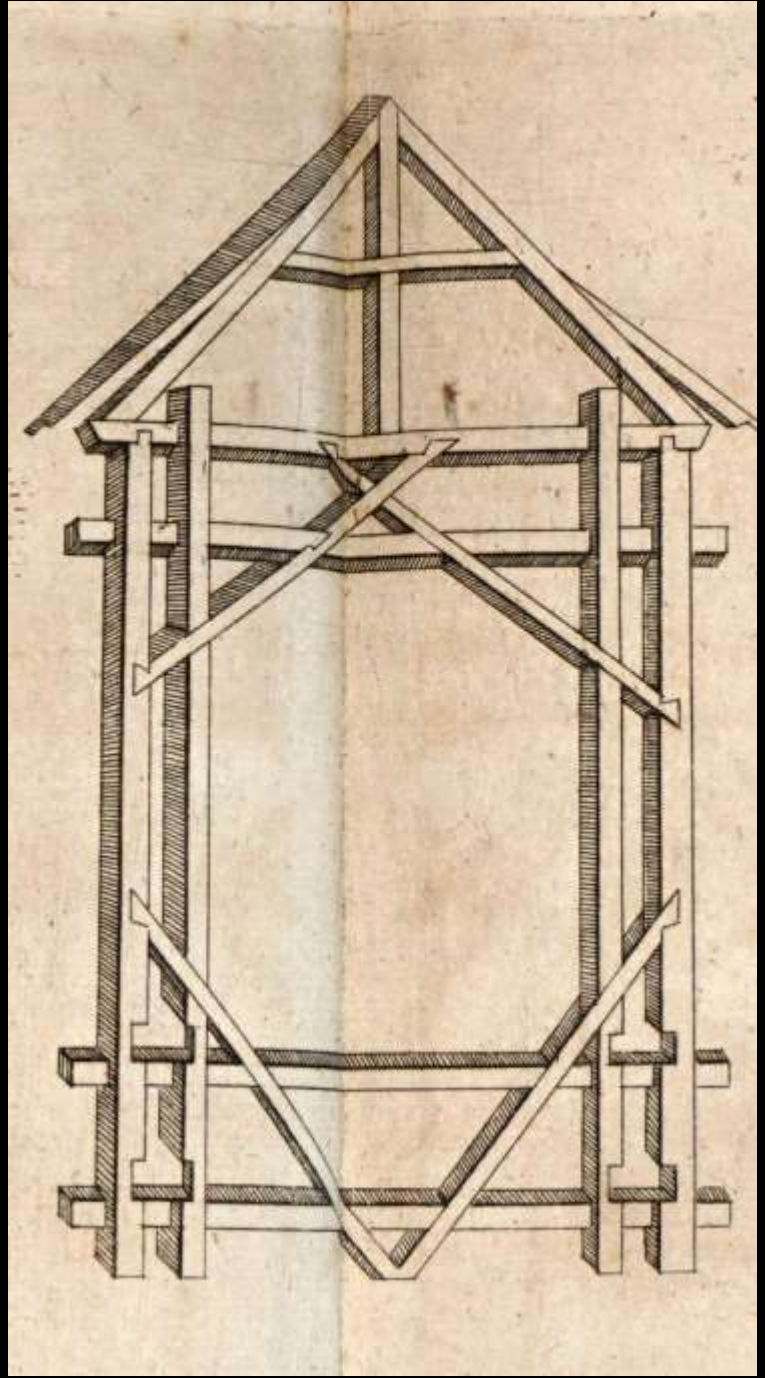
Ein Haus braucht auch einen Boden – Windverband in der Fahrbahnebene (Vogel 1708)

Andreaskreuz-Windverband unter der Fahrbahn (Sitterbrücke Spisegg SG)

Rautenverband unter der Fahrbahn (Föhlschmittenbrücke Neuravensburg)

Windverband in der Dachtraufebene und steife Portalrahmen (Brücke Hiltensweiler)

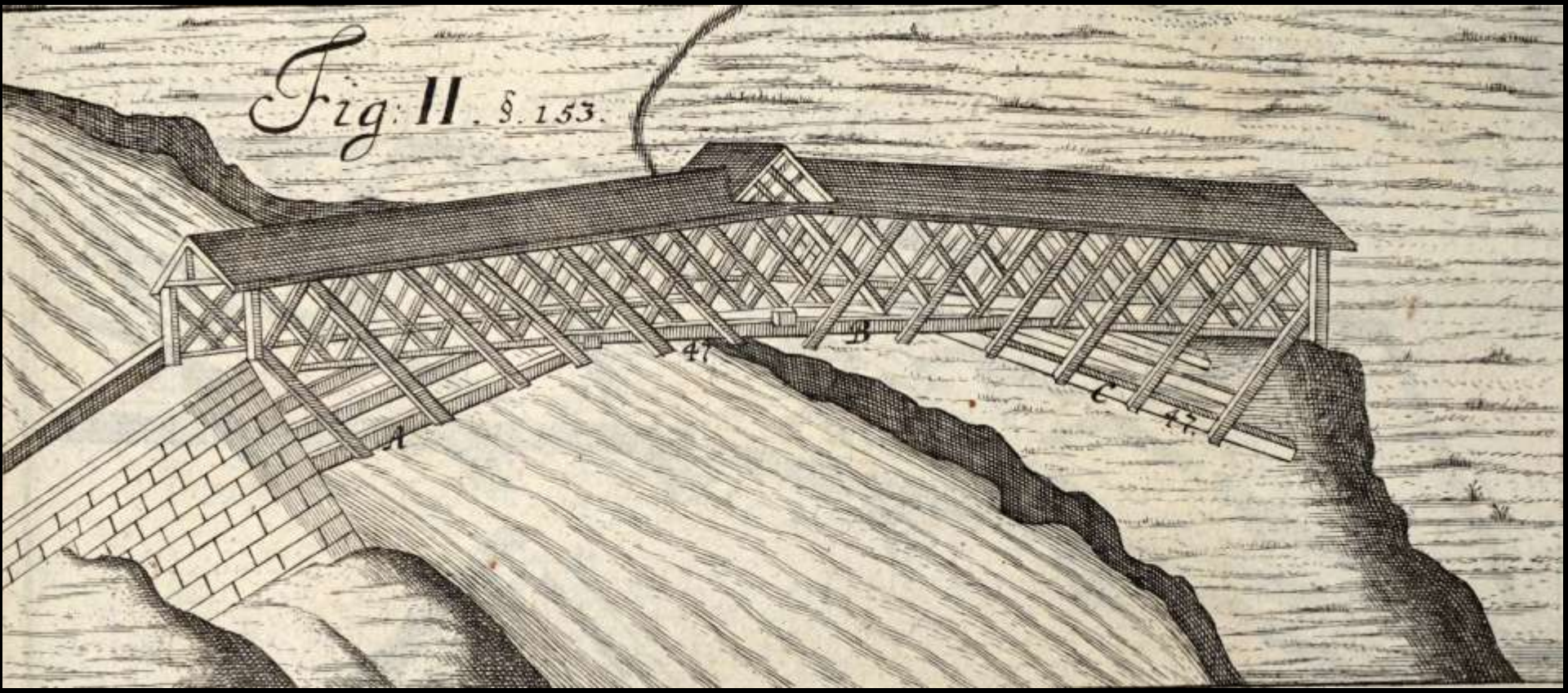




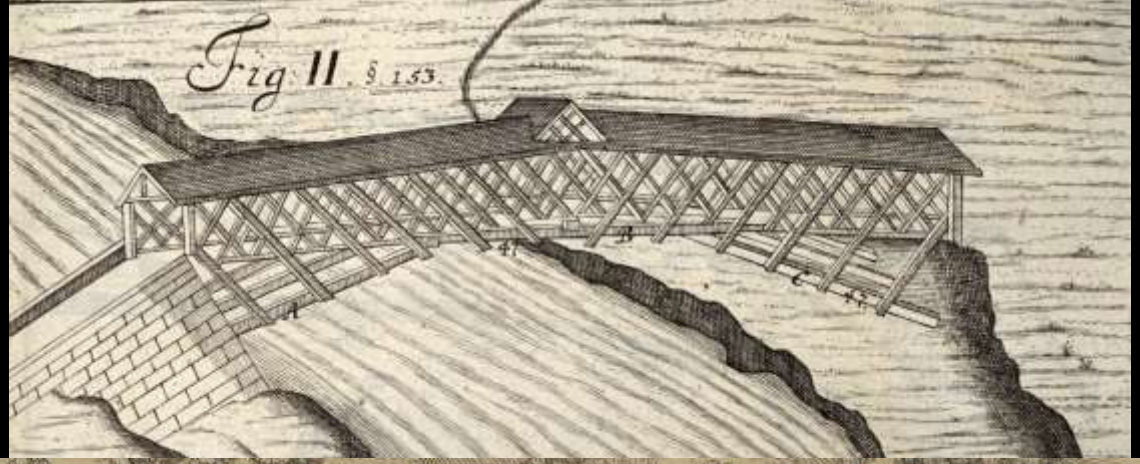
Queraussteifung durch stabile Portalrahmen (Reuss 1764 und Johann Vogel 1708)

Stabile Portalrahmen (Thurbrücke Lank AI)

Zu neuen Ufern – Einflüsse des amerikanischen Holzbrückenbaus ab 1838



Engmaschiges Gitterwerk als Tragwand (Jacob Leupold 1726)



Engmaschiges Gitterwerk als Tragwand (Brücke über die Sihl bei Langnau am Albis; Stich von C. Meyer 1642!)

No Printed Specification Available

No. 1.

I. Town.

Truss Bridge.

Patented Jan. 28, 1820.

Fig. 1.

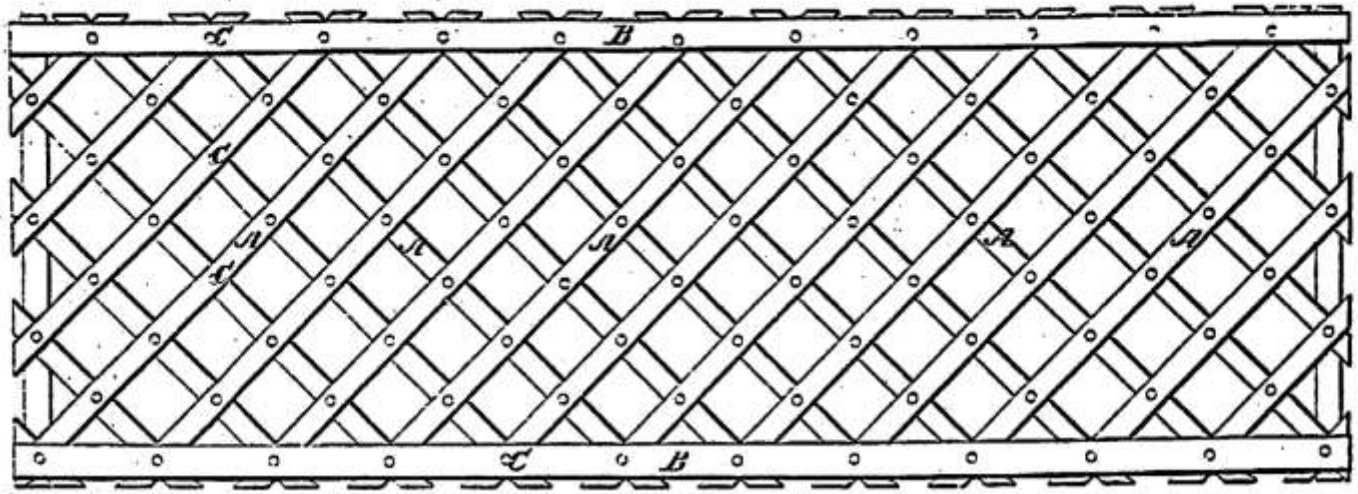


Fig. 2.

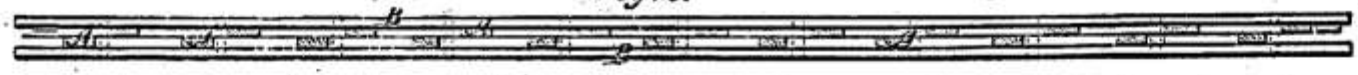
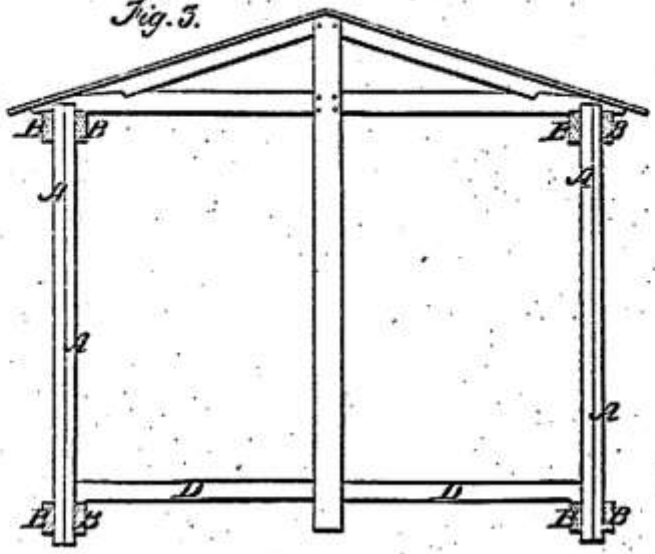
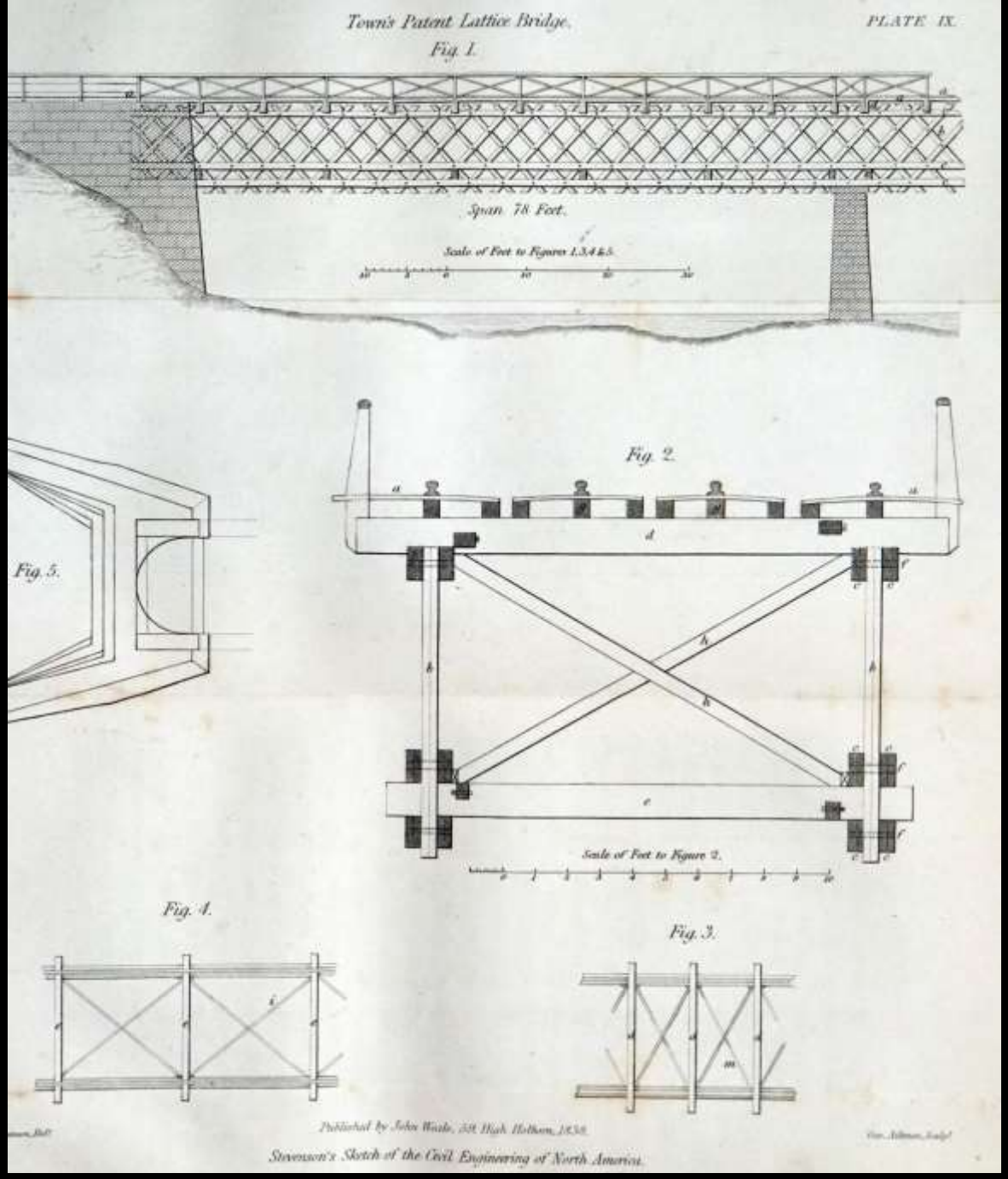


Fig. 3.



US-Patent von Ithiel Town 1820



Brücke mit Gitterträger „System Town“ unter der Fahrbahn (Stevenson 1837)

Rotenbrücke Lochmühle (Appenzell-Ausserrhoden) Town‘scher Träger *über* der Fahrbahn

W. Howe.
Truss Bridge.
Patented Aug. 3, 1840.

No. 1,711.

Fig. 1.

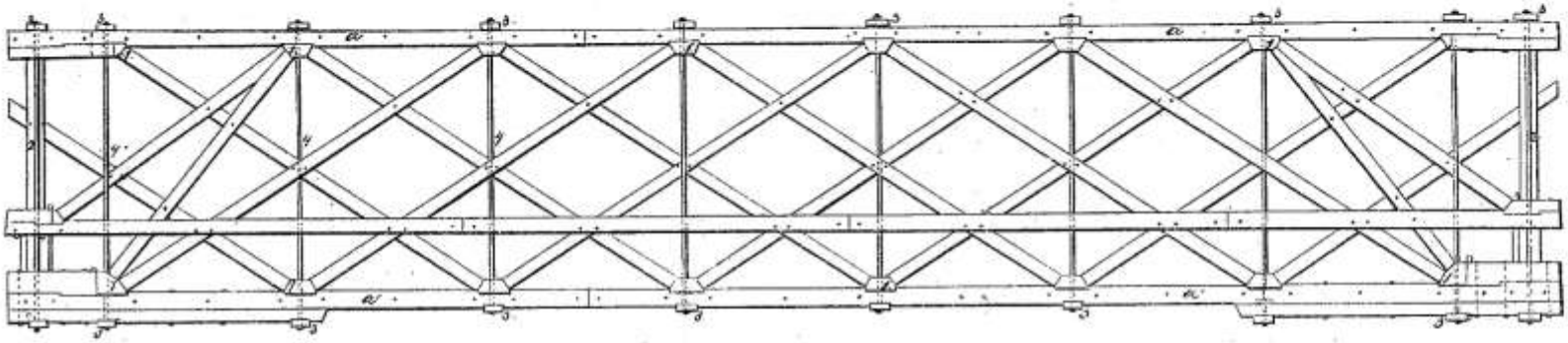
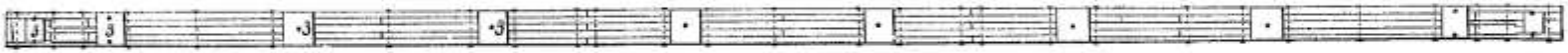


Fig. 2.



US-Patent von William Howe 1840

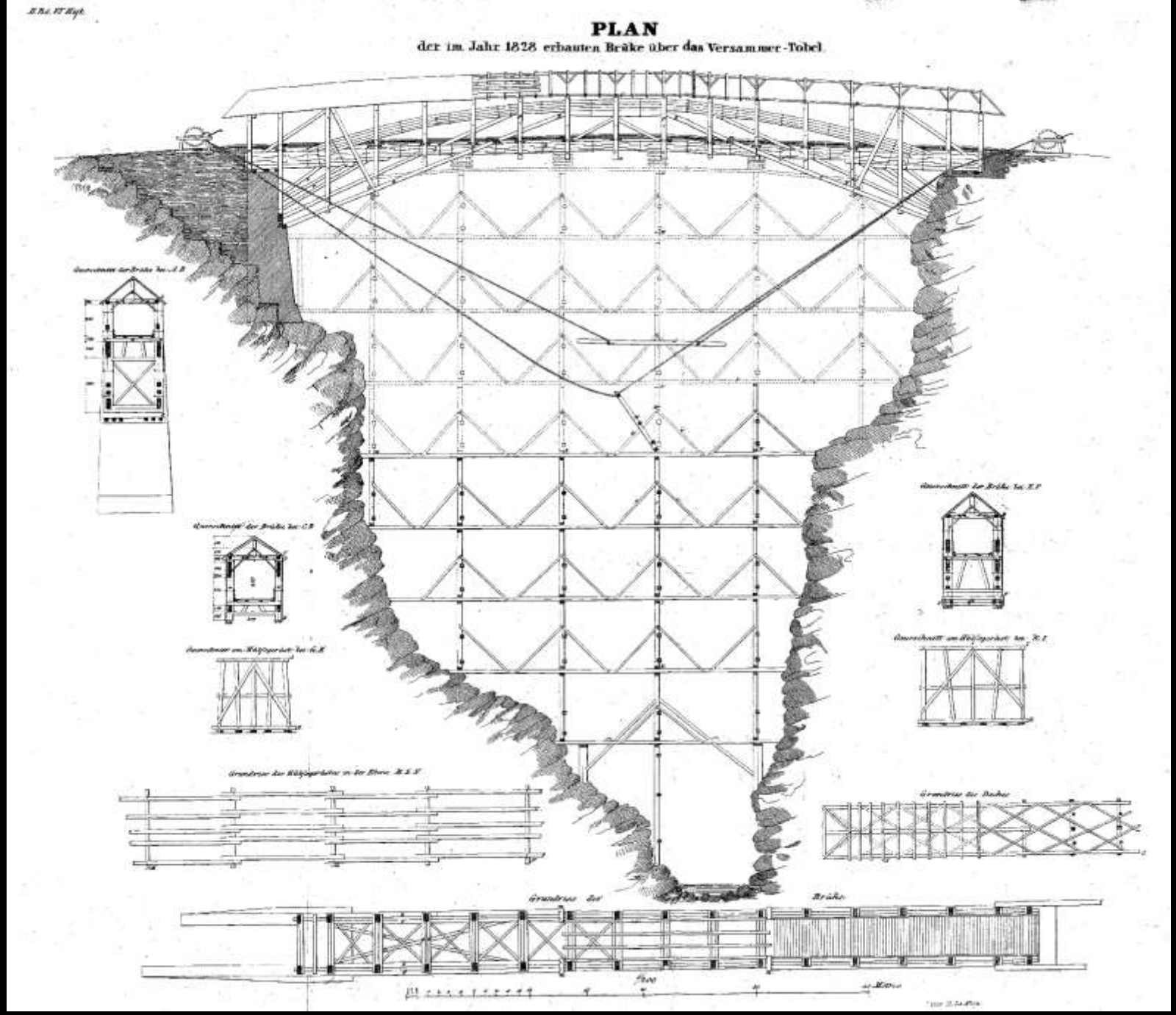
Illerbrücke Kempten (1848). Howe‘scher Träger unter der Fahrbahn

Illerbrücke Kempten (1848)

Rheinbrücke Sevelen (SG) – Vaduz (FL). Howe‘scher Träger *über* der Fahrbahn

Rheinbrücke Sevelen (SG) – Vaduz (FL)

Aufstellen einer Holzbrücke

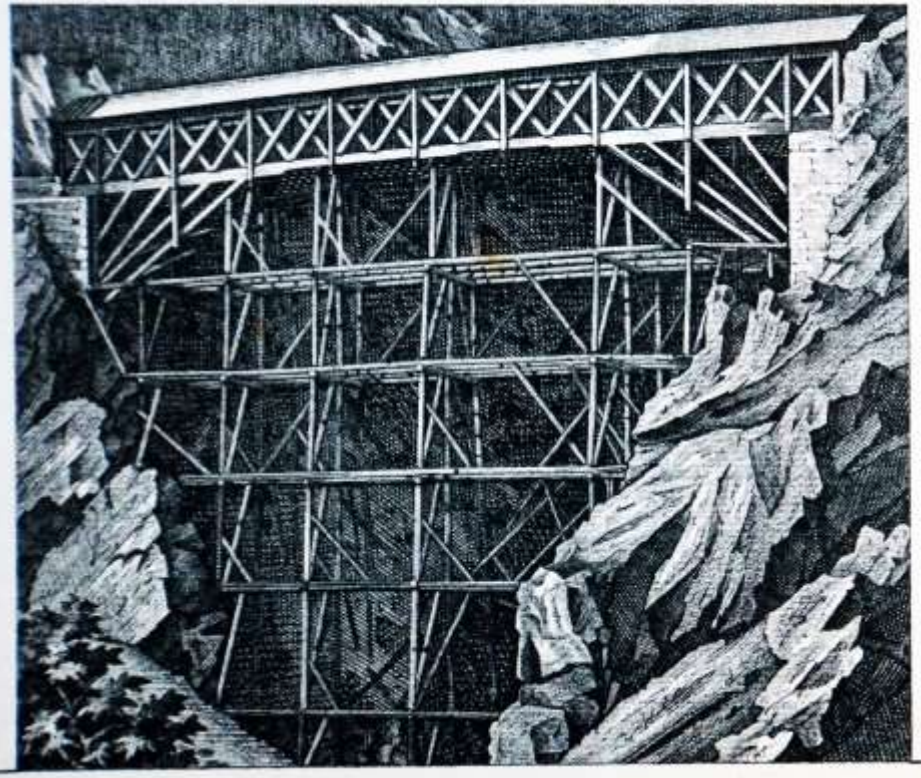


Aufstellen einer hölzernen Bogenbrücke (Zs. f. d. gesamte Bauwesen 1837)

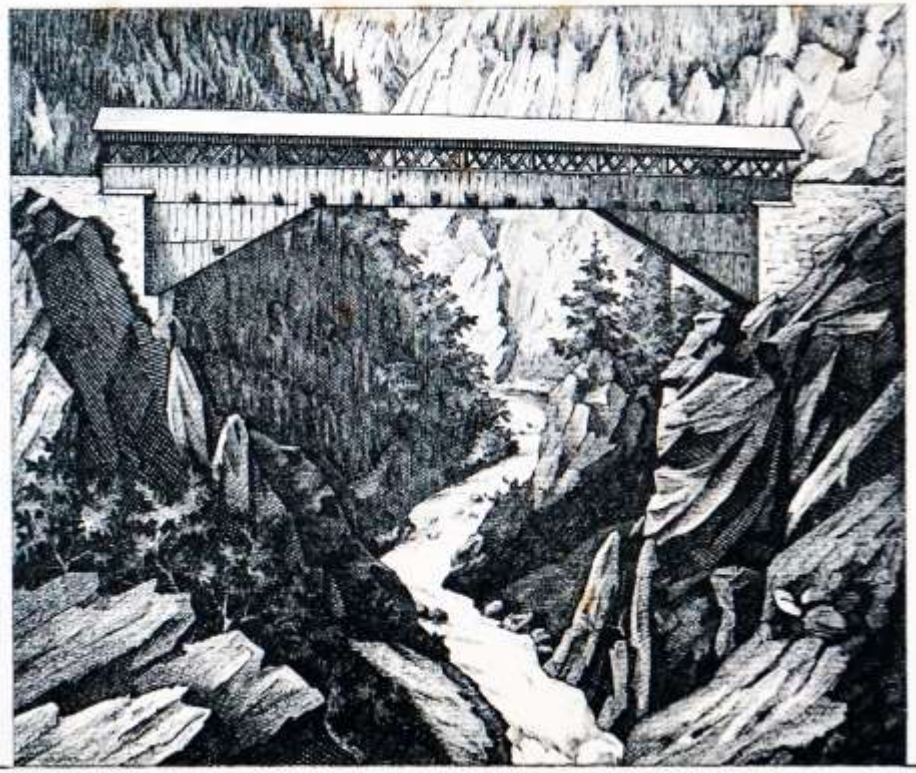
Aufstellen einer hölzernen Bogenbrücke (Stützgerüst der Brücke bei Heiden SG; Bavier 1878)

Aufstellgerüst einer Howeschen Brücke der Ludwig-Süd-Nord-Bahn 1853 (Aquarell von Karl Herrle)

Ansicht der Brücke während des Baues im Jahre 1857.



Ansicht der fertigen Brücke.



Lithogr. und Verlag von Orell

Aufstellen des Punt Rusein 1857 (Bavier 1878)