

Muthmassliche Bauart der ehemaligen Römer-Brücke bei Eschenz

Autor(en): **Meinecke, Ad.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Anzeiger für schweizerische Altertumskunde : Neue Folge = Indicateur d'antiquités suisses : Nouvelle série**

Band (Jahr): **4 (1902-1903)**

Heft 2-3

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-157573>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

ANZEIGER

für

Schweizerische Altertumskunde.

INDICATEUR D'ANTIQUITÉS SUISSES.

Amtliches Organ des Schweizerischen Landesmuseums, des Verbandes
der Schweizerischen Altertumsmuseen und der Schweizerischen Gesellschaft für
Erhaltung historischer Kunstdenkmäler.

Neue Folge. Band IV.

Herausgegeben von dem Schweizerischen Landesmuseum.

Nr. 2 u. 3.

ZÜRICH

1902/1903.

Abonnementspreis: Jährlich Fr. 5. —. Man abonniert bei den Postbureaux und allen Buchhandlungen, sowie auch direkt bei dem **Bureau des Schweizerischen Landesmuseums in Zürich**. Den Kommissions-Verlag für das Ausland besorgt die Buchhandlung Fäsi & Beer in Zürich.

*Sämtliche Beiträge und Mitteilungen für den „Anzeiger“ bitten wir gefl. unter der Aufschrift „Anzeiger“ an die **Direktion des schweizerischen Landesmuseums in Zürich** zu senden.*

Muthmassliche Bauart der ehemaligen Römer-Brücke bei Eschenz.

Von Ad. Meinecke, Genie-Oberst, Zürich.

Taf. IX, X, XI.

(Alle Rechte vorbehalten.)

I. Vorbemerkungen.

Die historischen Notizen für diesen Brückenbau verdanke ich den Herren Dr. Heierli in Zürich und Dr. Rippmann in Stein a. Rh., die technischen Angaben über Cäsar's Rhein Brücke bei Bonn hingegen Herrn k. Baurat Rheinhard in Stuttgart.

Situations-Plan und Längen-Profil auf Tafel IX sind dem Anzeiger für schweizerische Altertumskunde (Neue Folge Band II 1900 No. 3) entnommen und nach dem Siegfried-Atlas noch zweckdienlich ergänzt worden.

Bis in die 90er Jahre (n. Chr.) bildete der Rhein vom Bodensee abwärts ein Stück der römischen Reichs-Grenze und das Castell Ganodurum (Burg

bei Stein a. Rh.) nebst einem Brückenkopf auf dem Nord-Ufer schützten die dortige Brücke.

Nachher schoben die Römer ihre Reichs-Grenze bedeutend nach Norden vor und deckten sie durch einen Grenz-Wall.

Seit 260–270 mussten sie aber vor den Alemannen wieder hinter den Rhein, als eine widerstandsfähigere Grenzlinie, zurückweichen; es dürften daher in jener Zeit die schon bestehenden *Uebergänge verstärkt* und *vermehrt* worden sein, um den damals beginnenden, allmählichen *Rückzug* der römischen Streitkräfte gehörig zu *sichern*.

Der unter solchen ungünstigen Kriegs-Verhältnissen erstellte Rhein-Uebergang bei Tasgetium (Eschenz, $\frac{3}{4}$ km oberhalb Stein a. Rh.) wurde vielleicht auch gerade deswegen weniger berühmt, obschon er jedenfalls nicht minder originell war als derjenige von Julius Cäsar bei Bonn (55 v. Chr.).

Die Brücken-Anlage bei Eschenz, vermutlich aus einer Pfahljoch-Brücke und einer rasch zu beseitigenden Schiff-Brücke bestehend, giebt ihren Erbauern stets das glänzendste Zeugnis für die allseitig richtige *Erkenntnis* und energische *Durchführung* sämtlicher beim *militärischen Brückenbau* jetzt noch geltenden *Grundsätze*.

Den Historikern dürfte es sich daher gewiss lohnen, die Brückenstelle bei Eschenz auch fernerhin noch gründlicher zu erforschen; in nachfolgenden Zeilen soll nur versucht werden, sie in *militärischer* und *technischer* Hinsicht gehörig zu würdigen.

Die wenigen noch vorhandenen Spuren an der Uebergangsstelle bei Eschenz erweisen sich deutlich als Ueberreste einer *Pfahljoch-Brücke*. (Tafel IX).

Bis jetzt wurden in den beiden durch die Insel Werd getrennten Flussarmen je vier Pfahl-Joche *h, i, k, l* und *m, n, o, p* aufgefunden und konnte darnach die gebrochene Brücken-Axe *a b c* wieder bestimmt werden; letztere bildet auf der Insel einen Winkel von 148° , dessen nördlicher Schenkel *b c* nun durch die senkrecht zu ihm erstellte, gerade Linie der Rheinufer-Marken *r r* fixiert wurde.¹⁾

II. Allgemeine Disposition.

Bei der *Wahl der Uebergangsstelle* mögen folgende Umstände mitgewirkt haben:

1. die für die *militärische Sicherung* der Uebergangsstelle günstigen Stützpunkte, als welche das $\frac{3}{4}$ km rheinabwärts von Eschenz gelegene,

¹⁾ Obige Angaben dienen dem nachstehenden Entwurfe für eine vollständige Rekonstruktion der Brücke als allgemeine Grundlage, während alle Kombinationen und Berechnungen der Details auf den Erfahrungen der Militär-Ingenieure beruhen und daher auch die angestellten Vergleiche mit ähnlichen Brücken-Bauten ermöglichten.

dominierende Castell Ganodurum (Burg Stein) und die Insel Werd sofort erscheinen mussten.

2. die beidseitigen guten *Zugänge* zur Brücke.

3. der feste kiesige *Flussgrund*, welcher alle Garantie bot sowohl für die Standfestigkeit stehender Unterstützungen (wie Pfahl-Joche) als für eine sichere Verankerung schwimmender Unterlagen (wie Schiffe und Flösse).

4. die regelmässige, nicht allzstarke *Strömung* in beiden Flussarmen.

Am Ausflusse des Bodensee's dürfte das Gefälle des Rheins etwa zwischen $\frac{1}{2}$ ‰ und 1 ‰ variiren und daher seine Geschwindigkeit per Sekunde bei Niederwasser (NW) etwa 1.12 m--1.98 m, bei Hochwasser (HW) dagegen 2.06 m--2.91 m betragen, wie folgende Tabelle zeigt.

Geschwindigkeit des Rheins

Gefälle Wasserstand	$\frac{1}{2}$ ‰		$\frac{3}{4}$ ‰		1 ‰	
	NW	HW	NW	HW	NW	HW
	m	m	m	m	m	m
Linker Arm	1.12	1.96	1.37	2.41	1.58	2.78
Rechter Arm	1.40	2.06	1.71	2.52	1.98	2.91

Aus dieser Tabelle geht ferner hervor, dass:

a) der Rhein bei Eschenz in seinen zwei Flussarmen selbst bei Mittelwasser immer gut schiffbar ist;

b) in beiden Flussarmen je die rechten Ufer der Abspülung, die linken dagegen der Anschwemmung stets ausgesetzt sind und sich daher im Verlaufe von 17 Jahrhunderten bedeutend verändert haben müssen, etwa so, wie es in Tafel IX punktiert angegeben ist. Nimmt man durchschnittlich per Jahr nur 1 cm Abspülung in horizontalem Sinne an, so ist leicht erklärlich, dass das nördliche Rhein-Ufer um wenigstens 17 m zurückgegangen ist und ähnlich auch die Insel Werd sich allmählig immer mehr von Süd nach Nord verschoben hat.

5. Die nahe gelegenen *Requisitions-Plätze* in den Waldungen von Eschenz und auf der Insel Werd, welche beiden Oertlichkeiten sich zugleich vorteilhaft als *Depot-Plätze* für Materialien und Werkzeuge eigneten. Speziell als *Schiffs-Depot* diente am Nord-Ufer der Insel, etwa 120 m unterhalb der Brückenstelle, ein im ruhigen Hinterwasser gelegener *Hafen*, welcher mit einer dortigen, jetzt noch bemerkbaren Bucht *u* übereinstimmen dürfte.

Ausschlaggebend speziell für die technische Wahl der Brückenstelle war ohne Zweifel die schon in mehrfacher Hinsicht als günstig erwähnte

Insel, denn sie ermöglichte die Brücke gleichzeitig in zwei Teilen zu erstellen und dadurch ihre *Bau-Zeit* ganz bedeutend abzukürzen.

Als ständige *Arbeiter* benutzten die Römer ihre gewandten technischen Hülfsstruppen, während der militärische Sicherungsdienst den regulären Legions-Soldaten oblag; da nun letztere abteilungsweise etwa auch zu technischen Arbeiten verwendet wurden, so war jedenfalls stets eine genügende Anzahl von Arbeitskräften vorhanden, welche es gestattete, wie an Cäsar's Rheinbrücke bei Bonn, ebenfalls mit *6stündigen Ablösungen*, d. h. *continuirlich* zu arbeiten.

III. Bau-Plan.

Ebenso sinnreich wie die allgemeine Disposition war ohne Zweifel auch der Bau-Plan.

Die beiden Teile der Brücke wurden nach allen Regeln jeweilig senkrecht zu den Stromstrichen der beiden Flussarme angenommen und vereinigten sich daher unter einem stromaufwärts geöffneten Winkel von 148° auf der Insel Werd. (Taf. IX.)

Da nun in beiden Flussarmen der Stromstrich nach rechts geht, so sind ihre rechten Ufer der Abschwemmung, die linken dagegen der Geschiebsablagerung ausgesetzt und ist folglich die stromaufwärtige Spitze der Insel Werd jetzt mehr nach rechts verschoben als zur Zeit des damaligen Brückenbaues. Daraus erklärt sich auch, dass ursprünglich der Vereinigungs-Punkt *b* der beiden Brückenteile nicht hart am Ufer, sondern mehr landeinwärts lag. Zwischen beiden Brückenteilen war die Zufahrts-Strasse ohne Zweifel in einer flachen Kurve erstellt, deren Scheitel sich ungefähr in der Mitte der Insel befand.

Die wesentlichsten Gründe, warum nur noch wenige Spuren von der sogenannten „alten Heidenbrugg“ bei Eschenz vorhanden sind, dürften daher folgende sein:

In beiden Flussarmen waren die rechten Ufer der fortwährenden Zerstörung durch die Strömung ausgesetzt und die linken Ufer, welche zwar hievon verschont blieben, aber bei niedrigem Wasserstande bis weit in das Flussbett hinein leicht zugänglich sind, fielen den nahe gelegenen Ansiedlungen zum Opfer.

So wurden z. B. Burg und Stein a. Rh. zum Teil aus den Mauertrümmern der beiden Brückenköpfe von Eschenz erbaut und noch anno 1733 zogen zwei Eschenzer-Fischer an der dortigen Brückenstelle etwa 50 Stück ca. 2 m lange Joch-Pfähle heraus, von denen einige sogar mit eisernen *Pfahl-Schuhen* beschlagen waren.

Nach den bis jetzt noch vorhandenen Pfahl-Ueberresten zu schliessen, war ein Pfahl-Joch 2 m breit, oben 5,50 m—6 m lang (gleich der Brücken-

bahn-Breite) und bestand aus 10 Pfählen von 30 cm Dicke; hievon wurden 8 Stück je paarweise mit 2 m Abstand in zwei Reihen beidseitig der Joch-Axe als *lotrechte Ständer*, der 9. und 10. Pfahl aber in der Joch-Axe selbst als *geneigte Strebe-Pfähle* (der obere zugleich als *Eisbrecher*) eingerammt, nachher durch *Quer- und Längszangen*, sowie durch *Schwenklatten* fest miteinander verbunden. (Taf. X.)

Für die Joche von Cäsar's Rheinbrücke bei Bonn waren 5 Pfähle von 40 cm und für den detaschierten Eisbrecher 3 Pfähle von 30 cm – total nur 8 Pfähle erforderlich, aber die zwei Auflager des Joch-Holms kamen auf 11 m auseinander, weshalb auch die stärksten Baumstämme von 50 und 60 cm Durchmesser nur $\frac{1}{2}$ resp. $\frac{1}{5}$ Sicherheit boten und überdies noch schwierig zu versetzen waren.

Es wäre übrigens leicht gewesen, zwei solche Holme über einander zu legen, um wenigstens eine 1fache resp. $\frac{8}{5}$ fache Sicherheit zu erhalten, was immer noch für nur vorübergehende Konstruktionen genügen kann.¹⁾

Diese Nachteile hafteten an den Pfahl-Jochen bei Eschenz nicht, denn die Brückenbahn hatte eine ganz genügende Breite von 6,40 m (wie unsere Ponton-Brücken mit Doppelbahn).

Ferner lag die Brückenbahn auf einem *doppelten Holm*, welcher nicht nur an beiden Enden, sondern auch in jedem Drittel seiner Länge noch unterstützt war; er ruhte nämlich auf vier *Querschwellen*, welche unmittelbar über den vier Pfahl-Paaren – also in Abständen von je 2 m – lagen und erforderte daher nur zwei Rundhölzer von 20 resp. 25 cm Dicke (bei einfacher resp. doppelter Sicherheit).

Ausserdem gestattete dieser Doppel-Holm während des Baues eine ganz einfache Auflagerung und später bei allfälligen Reparaturen ein sehr bequemes Auswechseln der Streckbalken.

Wenn auch für jedes Joch von Cäsar's Rhein-Brücke je zwei Pfähle weniger eingerammt werden mussten, so bot doch die Konstruktion des *Doppeljoches* bei Eschenz mehr *Stabilität*, auch erlaubte sie die Verwendung schwächerer Hölzer, welche sowohl Gewinnung und Transport als Herrichten und Versetzen bedeutend erleichterten.

Ueberhaupt wurden zur Beschleunigung des ganzen Brückenbaues möglichst leicht ausführbare und daher *einfache Konstruktionen* mit viel *gleichartigen Konstruktionsteilen* gewählt, welche im Depot rasch en gros anzufertigen und dann einzeln auf der Baustelle leicht zu versetzen waren.

So sind z. B. die Holme, Querschwellen, Zangen, Schwenklatten und Büge für alle Joche gleich; für jedes einzelne Joch sind wiederum die

¹⁾ Obige anscheinend starken Holm-Dimensionen der Cäsar-Brücke beruhen lediglich auf der unverhältnismässig grossen Brückenbahn-Breite von 10 m, welche noch umso fraglicher erscheint, da der Holm nur an beiden Enden unterstützt ist!

8 Joch-Pfähle gleich lang, die zwei zugehörigen Strebe-Pfähle aber um $\frac{1}{8}$ länger.

Aehnlich verhält es sich auch mit den Bestandteilen der leider gänzlich verschwundenen vier *Widerlager* (od. Landpfeiler), welche sich jeweilig auf dem Lande an den vier Enden der beiden durch die Insel verbundenen Brücken-Teile befanden und wahrscheinlich auch nur aus Holz erstellt und mit Steinen ausgefüllt waren.

Diese sogenannten *Steinkasten* oder Krippenwerke (cribworks der Amerikaner) bestehen einfach aus *verschränkten Blockwänden* mit *Steinfüllung* und wurden sogar noch im amerikanischen Kriege 1862–64 mit allem Erfolg von General Haupt angewendet. Er benutzte sie als 1,80 m—2,40 m hohe Unterlagen für die Etagen-Böcke einer Eisenbahn-Brücke, welche 122 m lang, 24,5 m hoch, daher in 3 Etagen à 7,50 m Höhe und mit 25 Spannungen à 4,90 m in 9 Tagen des Monats Mai 1862 über den wilden Waldstrom Potomak-Creek erbaut wurde. Dem täglichen Verkehr von 10–20 schweren Eisenbahnzügen in beiden Richtungen, sowie mehreren heftigen Stürmen und grossen Ueberschwemmungen (2–10. Juni 1862) widerstand diese Brücke ohne Nachteil bis ans Ende des Krieges (1864) und stellt sich daher den alten römischen Militär-Brücken würdig an die Seite.

Bei Eschenz dienten die Steinkasten jedenfalls nicht nur als Widerlager sondern auch als *Uferschutz*, sie waren daher der Uferböschung und dem rückwärtigen Gelände zweckentsprechend angepasst. (Tafel X.)

Aehnlich einem Pfahl-Joche bestand ein Steinkasten wahrscheinlich auch aus zwei Reihen eingerammter und unter sich verbundener Pfähle, welche alsdann wie ein Blockhaus noch vier Wände aus wagrechten Hölzern erhielten. Gegen Unterspülung waren sie flusswärts durch regelrechte *Steinpfflästerung* mit vorgelegtem *Steinwurf* gesichert und sodann im Innern mit groben Steinen ausgefüllt.

Die *Spannungen* der Pfahl-Joche (d. h. die Entfernungen ihrer Axen) betragen im südlichen Flussarme 13,30 m, wurden aber zur Abkürzung der Bauzeit im nördlichen Brückenteile auf 16,40 m gesteigert. (Cäsar's Rheinbrücke bei Bonn soll nur Spannungen von max. 10 m gehabt haben.)

Aus gleichem Grunde, vermutlich aber auch um nötigenfalls rasch eine Oeffnung in der Brücke als *Hinderniss* gegen feindlichen Uebergang oder als *Durchlass* für die Schifffahrt zu erhalten, wurde im mittleren Teile des nördlichen, stets schiffbaren Flussarmes auf 74 m Länge eine *Schiffbrücke* von 6 Spannungen à 12,33 m eingeschaltet; wenigstens sind hier gar keine Spuren von Joch-Pfählen vorhanden, wo sie doch gerade wegen der grössern Wassertiefe einer gänzlichen Zerstörung gewiss am wenigsten ausgesetzt gewesen wären.

Die *Konstruktion der Schiffbrücke* ist unzweifelhaft so gewesen, dass:

1. Ihre einzelnen Spannungen sich *leicht ausbauen und rasch wieder einbauen* liessen.

2. Die *kettenartige Beweglichkeit* der ganzen *Schiffbrücke*, besonders beim Uebergang von Truppen stets gesichert war.

Gemäss diesen wichtigen, jetzt noch geltenden Grundsätzen wurden denn auch die *Schiffs-Ausrüstungen* mit *doppelten Holmen* versehen; diese gestatteten sowohl das Entfernen als das Auflegen des Oberbaues in einfachster Weise und bewirkten zugleich die notwendige kettenartige Verbindung und Beweglichkeit der Spannungen unter sich. (Tafel XI.)

3. Zur Verminderung der nachteiligen Stösse, welche bewegliche Lasten, wie Truppen und Fuhrwerke stets da bewirken, wo sie von festen Unterstützungen auf schwimmende Unterlagen übergehen, sind wahrscheinlich zunächst den Jochen immer *gekuppelte Schiffe* mit entsprechend erhöhten Rüstungen oder von grösserem Tragvermögen und erst nach diesen die *einfachen Schiffe* von normaler Tragkraft eingebaut worden.

Die gekuppelten Schiffe blieben auf diese Weise näher am Ufer und in der geringern Strömung, während die einfachen Schiffe mehr in die stärkere Strömung hinauskamen, wo sie das Wasser *weniger anstauten* als es die gekuppelten Schiffe zum Nachteile ihrer Verankerung gethan hätten.

Bei wechselndem Wasserstande ist auch die *Höhenlage der Brückenbahn* einer Schiffbrücke *verschieden*, während sie bei einer Jochbrücke *konstant* bleibt.

Der grössern Tragkraft oder höhern Rüstung wegen haben aber gekuppelte Schiffe ihre Holme stets *höher* über Wasser als einfache Schiffe; es wird deshalb auch der beim Fallen des Wasserspiegels sich ergebende Höhenunterschied der beiden Brückenbahnen einer gemischten Joch- und Schiffbrücke etwas ausgeglichen, folglich ein *sanfter Uebergang* von den stehenden Unterstützungen zu den schwimmenden Unterlagen erreicht und die bereits erwähnten Stösse von übergehenden Lasten sind ebenfalls vermindert.

Die 74 m lange Schiffbrücke hatte demnach wahrscheinlich 6 Spannungen à 12,33 m auf 5 schwimmenden Unterlagen, von denen die erste und letzte aus je zwei gekuppelten und die drei mittleren aber jeweilig nur aus einfachen Schiffen bestanden.

Die *grösste Belastung* einer Spannung mag 23680 kg betragen haben und erforderte daher ein grosses Schiff oder zwei gekuppelte kleine Fahrzeuge, wie sie in der nachstehenden Tabelle enthalten und jetzt noch üblich sind.

Schiffe	Länge		Breite		Wand- höhe	Tiefgang		Tragkraft grösste
	oben	unten	oben	unten		grösster	kleinster	
	m	m	m	m	m	m	m	kg
Grosse	18	14	2,60	2,0	1,0	0,70	0,22	24752
Kleine	16	12	2,10	1,60	0,80	0,50	0,22	12320

Die *Schiffs-Ausrüstungen* waren sowohl für einfache als für gekuppelte Kähne ähnlich und daher leicht zu erstellen.

Auf dem Boden eines jeden Schiffes wurden zwei *Längs-Schwellen* über die *Kurben* gelegt und darüber 4 *Quer-Rahmen* mit je 2 m Abstand als gemeinsames Auflager für die *doppelten Holme* gestellt. Diese, den Pfahl-Jochen ähnliche und leicht ausführbare Konstruktion ermöglichte nicht nur den sichern Verband zweier gekuppelter Schiffe, sondern auch die gleichmässige Druck-Uebertragung von dem doppelten Holm auf den Boden und die Schiffswände, welche dadurch überdies noch mehr geschont wurden.

Der *Oberbau* der Brücke von Eschenz hatte mutmasslich wie Cäsar's Rhein-Brücke folgende Bestandteile:

1. Als *Längs-Träger*, gewöhnlich Baumstämme, die von einer Unterstützung zur andern reichen, also die Länge einer *Spannung* oder *Strecke* haben und daher auch *Streckbalken* heissen.

Cäsar's 10 m breite Brücke bei Bonn hatte 47 Spannungen von max. 10 m mit 8–10 Streckbalken von 30 cm Dicke, deren Tragvermögen also nur für einfache Sicherheit genügte, bei welcher jeder cm^2 der Querschnittfläche mit 150 kg belastet ist.

An der Brücke von Eschenz waren Spannungen von 12,33, 13,30 und 16,40 m, ferner eine Bahnbreite von 6,40 m mit 7–9 Streckbalken; diese mussten aber, da die Brücke voraussichtlich längere Zeit bestehen sollte, eine doppelte Sicherheit bieten, bei welcher per cm^2 Querschnittfläche nur eine Belastung von 75 kg kommen darf, wie nachstehende Tabelle zeigt.

Länge einer Spannung	Breite der Brücken-Bahn	Durchmesser der Streckbalken			
		Einfache Sicherheit		Doppelte Sicherheit	
		7 Balken	9 Balken	7 Balken	9 Balken
m	m	cm	cm	cm	cm
12,33	6,40	33	30	41	38
13,30	6,40	34	32	43	40
16,40	6,40	39	36	50	46

Gewinnung, Transport, Herrichten und Versetzen der Streckbalken werden nämlich bei zunehmender Balkenstärke immer schwieriger, es wurden daher wahrscheinlich nur Balken von 30–45 cm oder 1–1½ römischen Fuss angewendet, welche im allgemeinen auch leichter zu finden sind als die stärkern.

Jedenfalls haben die alten Römer als gewandte Empiriker es meisterhaft verstanden, ihre Konstruktionen den jeweiligen Verhältnissen richtig anzu-

passen, ohne dabei die erlaubten Festigkeits-Grenzen zu überschreiten. So konnten z. B. die für die Joch-Brücke bei Bonn verwendeten Streckbalken und Holme etwas geringere Dimensionen erhalten, weil auch der Zweck von Cäsar's Rhein-Uebergang (55 v. Chr.) nur eine „vorübergehende Demonstration“ gegen die rechtsufrigen Völkerschaften war.

2. Die *Querträger*, meistens Stangenhölzer von 15–20 cm Stärke, zur Verbindung der Längsträger und gleichmässigen Uebertragung der Brückenbahn-Belastung auf dieselben.

3. Die *Brückenbahn*, bestehend aus einem Belag von Flechtwerk (*Hurden*) oder Knüppeln als feldmässiger Ersatz von starken Laden oder Bohlen.

4. Das *Geländer* zum Schutze der Uebergehenden, mit Stützen, Handlehne und Streben versehen.

Die *Zugänge*, welche die Brücke mit den Ufern und den dortigen Strassen verbanden, waren je nach der Höhenlage des Terrains verschieden.

Das rechte Ufer und die Insel waren ziemlich gleich hoch wie die Brücken-Bahn und konnten daher hier die Zugänge sehr einfach, fast à niveau erstellt werden.

Auf dem linken, niedrigern Ufern wurde dagegen ein 52,20 m langer erhöhter Zugang notwendig, weshalb wahrscheinlich flusswärts die Brücken-Bahn nur über steinkastenähnliche *Holz-Stapel*, sodann landwärts über einen niedrig angeschütteten *Damm* geführt worden ist; diese Kombination erforderte ohne Zweifel am wenigsten Arbeitszeit und erklärt auch den gänzlichen Mangel an Holz-Ueberresten auf jener Stelle. (Tafel XI.)

Die Holz-Stapel wurden vermutlich nach alter Manier der *verschränkten Blockwände*, also ganz einfach in wagrechten Schichten erstellt und in den vier Ecken durch schief eingeschlagene, doppelte Pfähle fest im Dreiecks-Verband erhalten; sie waren daher sehr stabil und wurden gegen den Erd-Druck eines dahinter angeschütteten Dammes wahrscheinlich noch mit groben Steinen ausgefüllt. Zur direkten Uebertragung des Druckes der Brückenbahn diente als oberste wagrechte Schicht ein *doppelter Holm*, welcher wie bei den Jochen, Widerlagern und Schiffsausrüstungen auf vier *Querhölzern* ruhte, deren Abstände je 2 m betragen.

Den anscheinend sehr verschiedenen vier Konstruktionen von stehenden und schwimmenden Unterstützungen der Brückenbahn dürfte demnach immer das gleiche einfache Prinzip zu Grunde gelegen haben, dessen richtige Ausführung daher auch weniger geübten Arbeitern leicht möglich war.

Die äusserst primitive Herstellung der Holzstapel gestattete überdies die Verwendung der verschiedenartigsten Hölzer von ungleicher Dicke und Länge, weshalb sogar das Abfallholz von andern Baustellen dafür benutzt werden konnte.

Zur *militärischen Sicherung* der Brücke wurde auf jedem Rheinufer ein *Brückenkopf* aus Mauerwerk erbaut; von diesen 2 Befestigungsanlagen, welche nicht zu verwechseln sind mit den Brückenwiderlagern (oder Landpfeilern), existirt auf dem rechten, im steten Abbruch begriffenen Rheinufer gar nichts mehr, während auf dem linken Ufer ein markanter Erdrand noch einen Teil vom Umrisse des dortigen Brückenkopfes erkennen lässt und daher wohl noch eine gründlichere Nachforschung verdiente.

Zusammenstellung
der einzelnen Teile der 437,75 m langen Uebergangsstelle bei Eschenz.
(Tafel IX.)

Teilstücke.	Einzel m	Total m	
<i>Zugang auf dem linken Ufer:</i>			
Damm <i>a t</i>	25,60	} 52,20	
Holzstapelbrücke <i>t d</i> , 2 Spannungen à 13,30 m	26,60		
<i>Im linken Flussarm:</i>			
Pfahljochbrücke <i>d e</i> , 11 Spannungen à 13,30 m 2 Widerlager <i>d</i> und <i>e</i> , sowie 10 Pfahljoche. (Ueberreste nur von den Jochen <i>h</i> , <i>i</i> , <i>k</i> und <i>l</i> .)	146,30	146,30	} <i>a b</i> = 217,30 m.
<i>Zugang auf der Insel Werd:</i>			
Strasse à niveau mit dem Terrain zwischen den Widerlagern <i>e</i> und <i>f</i> , in einer Kurve, deren Tangenten <i>e b</i> und <i>b f</i>	18,80 30,25	} 49,05	
<i>Im rechten Flussarm:</i>			
Pfahljochbrücke <i>f m n</i> , 4 Spannungen à 16,40 m " " <i>o p g</i> , 2 " " à 16,40 m 2 Widerlager <i>f</i> und <i>g</i> , sowie 6 Pfahljoche. (Ueberreste nur von den Jochen <i>m n o</i> und <i>p</i>)	65,60 32,80	} 98,40	} <i>b c</i> = 220,45 m.
Eingeschaltete Schiffbrücke <i>n s o</i> , 5 schwimmende Unterlagen, 6 Spannungen à 12,33 m	74,00	74,00	
<i>Zugang auf dem rechten Ufer:</i>			
Strasse <i>g c</i> à niveau mit dem dortigen Terrain	17,80	17,80	
Total :	437,75	437,75	

IV. Bauorganisation.

Zur Beschleunigung des Baues wurde wie bei Cäsar's Rheinübergang mit möglichst viel Arbeitern gleichzeitig auf mehreren Baustellen und zudem noch *kontinuierlich* — also mit 6-stündigen *Ablösungen* — gearbeitet, wie folgende Zusammenstellung der verschiedenen Arbeiten zeigt.

Register der Arbeitstage	Zahl der Arbeiter	Arbeits-Kategorie	Funktionen:
			<i>1. Vorarbeiten.</i>
1—3	120	a	Beschaffung der erforderlichen Baumaterialien auf nahe gelegenen Requisitionsplätzen (70 Mann in 2 Gruppen) und Transport derselben nach den Depotplätzen bei Eschenz und auf der Insel Werd (50 Mann in 2 Gruppen).
1—3	80	b	Herrichten der Zugänge auf beiden Rheinufern und der Insel (3 Gruppen à 60 und 20 Mann).
			<i>2. Depotarbeiten.</i>
1—10	80	c	Einrichten und Räumen der Material- und Werkzeug-Depots (am ersten und letzten halben Tage). Ordnen und Zurichten der Materialien für Unter- und Oberbau der Brücke (auf beiden Depotplätzen), speziell auf der Insel das Rüsten der Ramm-Maschinen und der Schiffe als schwimmende Unterlagen (2 Gruppen à 30 und 50 Mann). Während der ganzen Arbeitszeit sind hiebei inbegriffen einige überzählige Depot-Mannschaften als Arbeiter-Reserve zur allfälligen Aushilfe bei andern Arbeitskategorien.
			<i>3. Unterbau der Brücke.</i>
4—6	120	d	Einrammen der Pfähle für die Widerlager und Pfahljoche, welche die stehenden Unterstützungen der Brücke bilden (8 Gruppen à 15 Mann per Ramme).
7—8	60	e	Vollenden der Widerlager und der Pfahljoche (4 Gruppen à 15 Mann).
7—8	60	f	Verankern und Einbauen der Schiffe als die 5 schwimmenden Unterlagen der Schiffbrücke (5 Gruppen à 12 Mann).
			<i>4. Oberbau der Brücke.</i>
9—10	80	g	Aufbringen der Streckbalken und Querträger, sowie des Hordenbelags und der Geländer, gleichzeitig von den vier Widerlagern aus (4 Gruppen à 20 Mann).

Die verschiedenen Arbeitskategorien kamen jeweilig nach Bedarf zur Verwendung und waren daher in den ersten Tagen wegen der mannigfachen Vorarbeiten auch erheblich mehr Arbeiter beschäftigt als gegen das Ende der Bauzeit. Um einen Vergleich mit ähnlichen Brückenbauten machen zu können, muss aber die *durchschnittliche Arbeiterzahl per Tag* bekannt sein, welche sich aus der nachstehenden Berechnung ergibt.

Register der Arbeitstage	Zahl der Arbeiter	Arbeits-Kategorie	Arbeiter und Tagwerke à 24 Stunden
1—3	120	a	} 280 Mann à 3 Tage = 840 Tagwerke.
	80	b	
	80	c	
4—6	120	d	} 200 Mann à 3 Tage = 600 Tagwerke.
	80	c	
	80	c	
7—8	60	e	} 200 Mann à 2 Tage = 400 Tagwerke.
	60	f	
	80	c	
9—10	80	g	} 160 Mann à 2 Tage = 320 Tagwerke.
	80	c	
	80	c	
Total:			840 Mann in 10 Tagen = 2160 Tagwerke.

Durchschnittlich entfallen daher per Tag $\frac{2160}{10} = 216$ Tagwerke à 24 Stunden.

In 6-stündigen Ablösungen arbeitete aber der einzelne Mann nur $2 \times 6 = 12$ Stunden oder $\frac{1}{2}$ Tag lang und waren demnach in einem ganzen Tage durchschnittlich $2 \times 216 = 432$ Mann beschäftigt.

Für eine Brückenlänge von 437,75 m ergibt sich also nahezu *1 Arbeiter per laufenden Meter* wie bei der Brücke über den Potomak-Creek, deren 3 Etagen in einer Gesamtlänge von circa 310 m durch 300 amerikanische Milizen erstellt wurden.

V. Arbeitsbetrieb.

Das *Einrammen der Pfähle* im Trocknen erforderte nur ein gewöhnliches *Schlagwerk*, welches aber für Pfähle im Wasser noch auf eine *Ramm-Maschine* gestellt werden musste. (Tafel X.)

Letztere wurde im Depot vorbereitet und bestand aus zwei gekuppelten Flößen oder Schiffen, deren lichter Zwischenraum 15—20 cm grösser als die äussere Joch-Breite war, demnach etwa 2,50 m betrug.

In diesem Zwischenraume konnten nun successive alle Joch-Pfähle eingeschlagen werden, wofür jeweilig die Ramm-Maschine und das Schlagwerk entsprechend zu verschieben waren.

Für die *Pfahl-Joche* dürfte daher der Arbeitsbetrieb folgender gewesen sein:

1. Verankern der Ramm-Maschine an Ankerpfählen, welche etwa um das 10fache der grössten zu erwartenden Wassertiefe oberhalb der Brückenstelle eingetrieben wurden.

2. Von stromaufwärts beginnend: Successives Einrammen der Pfähle 1 und 2 des 1. Pfahlpaares in lotrechter Stellung und Anbringen der doppelten Querzange als Querverband.

3. Einrammen des obern Strebepfahles 3 in schiefer Stellung, (wobei die Querzange zur Führung dient).

4. Successives Einrammen der Pfähle 4—9 des 2., 3. und 4. Pfahlpaares in lotrechter Stellung.

5. Umkehren des Schlagwerkes und Einrammen des untern Strebepfahles 10 in schiefer Stellung, für welche die am letzten Pfahlpaare angebrachte doppelte Querzange wiederum zur Führung dient.

6. Befestigen der noch mangelnden Quer- und Längszangen, Versteifen der einzelnen Pfahlpaare durch Schwenklatten und Auflagern der Querschwellen direkt über den Pfahlpaaren.

7. Aufbringen des doppelten Holms 0,50 m über Hochwasser und Befestigen desselben durch je zwei doppelte Büge an den beiden Strebepfählen, sowie an der obersten und untersten Querzange.

8. Entfernen der Ramm-Maschine.

Die *Steinkasten*, welche der Brücke als Widerlager dienten, wurden ganz ähnlich, aber viel einfacher erbaut, weil für sie das Schlagwerk auf dem Lande aufgestellt werden konnte.

Sehr rasch vollzog sich jedenfalls auch das Aufschichten der *Holzstappel*, deren Pfähle von freier Hand eingeschlagen wurden.

Nach Vollendung des *Unterbaues* der Brücke, d. h. nachdem die Widerlager, Joche und Holzstappel als stehende Unterstützungen, ferner auch die gerüsteten Schiffe als schwimmende Unterlagen eingebaut waren, so wurden darüber die Bestandteile des *Oberbaues* angebracht, nämlich zuerst die Streckbalken, alsdann die Querträger mit dem Hurdenbelag und schliesslich das Geländer.

VI. Arbeitszeit.

Laut Bauorganisation arbeiteten durchschnittlich 216 Mann gleichzeitig in 4 sechsstündigen Ablösungen, welche per Tag total 432 Mann erforderten. Diese Zahl scheint vielleicht zu hoch angenommen; wenn man aber bedenkt, wie viel kleinere und grössere Unterabteilungen durchaus verlangt wurden nicht nur durch die Beschleunigung der Arbeit und die Aufrechterhaltung

der Ordnung, sondern auch durch die grosse Verschiedenheit der Verrichtungen auf den zahlreichen, von einander entfernten Arbeitsplätzen, so ist doch bald begreiflich, dass überall nur das geradezu erforderliche Mass von Arbeitskräften konzentriert war. Ferner ist in Betracht zu ziehen, dass damals weder *Kommunikationen* für den Transport, noch *Werkzeuge und Geräte* für Brückenhauten so vollkommen waren wie jetzt, dafür musste aber auch wahrscheinlich per Tag 12 Stunden lang gearbeitet werden.

Ausserdem ist zu erwähnen, dass bei kontinuierlichem Baubetrieb mit 6-stündigen Ablösungen die *Nachtarbeit* unvermeidlich war; ihre Leistungen sind ohnedies um zirka 25 % geringer als diejenigen der Tagesarbeit, variiren aber noch bedeutend je nach Jahreszeit und Witterung. Im Freien kann per Jahr durchschnittlich etwa nur 15 Stunden lang bei Tageshelle gearbeitet werden, es vermindert daher die Nachtarbeit beim kontinuierlichen Baubetrieb die 24-stündige Arbeitsleistung per Jahr um 10 %. Ausser in mond hellen Nächten musste die Nachtarbeit bei Fackelschein ausgeführt und daher ein Teil der Mannschaft anstatt zur Arbeit als Fackelträger verwendet werden; auch erforderten Ermüdung, Krankheit und Unfälle in jeder Abteilung stets einen Ersatz durch Ueberzählige, was daher im ganzen etwa 10 % Reservearbeiter ausmacht.

Wenn nun laut Bauorganisation durchschnittlich per Tag 432 Mann zur Arbeit kommandiert wurden, so dürften demnach vielleicht nur zirka 390 als eigentliche Arbeiter und etwa 40 als Ueberzählige funktionirt haben, während für Küche, Spital und Wachtdienst selbstverständlich andere Mannschaften beordert waren.

Für die einzelnen Arbeitskategorien sind die nötigen Details im Nachstehenden enthalten.

Berechnung der Arbeitszeit.

Die <i>Arbeitskategorie a</i> erforderte 3 Tage		
zum Fällen sämtlicher Hölzer für Unter- und Oberbau	12 Mann	} 70 Mann.
zum Hauen von Strauchholz und Hurdenpfählen . . .	58 „	
zum Transport aller benötigten Baumaterialien . . .		
		Total: 120 Mann.

In der *Arbeitskategorie b* waren 80 Mann in den ersten 3 Tagen für das Herrichten der Zugänge bestimmt, davon speziell:

60 Mann zum Erstellen des Dammes und der Holzstapel auf dem linken Rheinufer,

20 Mann für die Planirungsarbeiten auf der Insel Werd und dem rechten Rheinufer.

Die *Arbeitskategorie c* dauerte zwar während der ganzen 10-tägigen Bauzeit, aber der erste und letzte halbe Tag musste zum Einrichten resp. Räumen der Depotplätze verwendet werden und verblieben daher nur noch 9 Tage für folgende Arbeiten:

Am 1. — 3. Tage:	Rüsten der Ramm-Maschinen und der Jochpfähle,	}	50 Mann.
Vom 4. — 6. Tage:	Rüsten der Schiffe und der Bestandteile für Widerlager und Pfahljoche,		
Am 7. — 8. Tage:	Anfertigen der Streckbalken, Querträger und Geländer,	}	30 Mann.
Vom 2. — 10. Tage:	Anfertigen der Hurden als Brückenbelag		
Total:			80 Mann.

Alle *Vorarbeiten* für die Jochbrücke waren demnach in den ersten 3 Tagen vollendet und konnte nun der eigentliche *Brückenbau* beginnen.

Die *Arbeitskategorie d* war jedenfalls sehr zeitraubend, denn sie umfasste das Erstellen der eingerammten Unterstützungen

im linken Flussarm:	2 Widerlager	mit	24 Pfählen,
	10 Pfahljoche	"	100 "
im rechten Flussarm:	2 Widerlager	"	24 "
	6 Pfahl-Joche	"	60 "
Total:			20 Unterstützungen " 208 "

welche einzurammen waren.

Wurde nun wie bei Cäsar's Rheinbrücke mit acht Rammen gearbeitet, so konnten bei kontinuierlichem Baubetrieb auf jeder der acht Baustellen mit je 15 Mann etwa 10 Pfähle, im ganzen also durch 120 Mann per Tag 80 Pfähle eingerammt werden; es erforderte daher nur das Einrammen der 208 Pfähle etwa $2\frac{1}{2}$ Tage. Da aber auf dem Wasser und bei Nacht die Rammarbeit mehr Störungen erleidet als auf dem Lande und während des Tages so müssen für dieselbe 3 Tage gerechnet werden, das Rammen nahm daher den 4., 5. und 6. Tag in Anspruch.

Am 7. und 8. Tage wurden die damit beschäftigt gewesenen Leute in zwei gleich starken Abteilungen von je 60 Mann wie folgt verwendet.

In der *Arbeits-Kategorie e* vollendeten 4 Gruppen à 15 Mann die Widerlager und Pfahl-Joche, während in der *Arbeits-Kategorie f* 5 Gruppen à 12 Mann die schon gerüsteten 5 schwimmenden Unterlagen der Schiffbrücke successive verankern und in die Brücken-Axe einfahren (vorsichtshalber wahrscheinlich nur bei Tage).

Die letzte *Arbeits-Kategorie g* bestand aus 80 Mann am 9. und 10. Tage für das Aufbringen des gesamten Oberbaues der Brücke (Streckbalken, Querträger, Hurdenbelag und Geländer). Von den 4 Widerlagern an beginnend arbeiteten gleichzeitig 4 Gruppen à 20 Mann; diese Anzahl Leute war nämlich schon für die sichere Handhabung der schweren Streckbalken notwendig.

Wie bei ähnlichen Brückenbauten erforderte demnach lediglich das Erstellen des *Unterbaues* gerade so viel Arbeitszeit als die sämtlichen *Vorarbeiten* und das Aufbringen des *Oberbaues* mit einander, was auch aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlich wird.

Vergleich der Römer-Brücken bei Eschenz und Bonn.

Details.	Brücken-Stelle	
	Eschenz	Bonn
1. <i>Vorarbeiten</i> : Beschaffen und Herrichten der Materialien, Schiffe (Flösse) und Zugänge	3 Tage	3 Tage
2. Erstellen des <i>Unterbaues</i>	5 "	5 "
3. Aufbringen des <i>Oberbaues</i>	2 "	2 "
4. Arbeits-Zeit, total	10 "	10 "
5. Länge der Brücke und Zugänge	438 m	450 m
6. Breite der Brückenbahn	6,40 m	10 m
7. Arbeitszeit per lfm. Brückenlänge	$\frac{1}{2}$ Stunde	$\frac{1}{2}$ Stunde
8. Länge der Spannungen	12,33 m, 13,30 m und 16,40 m	10 m
9. Anzahl " "		25
10. " " Widerlager	4	2
11. " " Pfahl-Joche (Holz-Stappel)	18	46
12. " " gerüsteten Schiffe (Flösse)	5	—

Cäsar's Rhein-Brücke bei Bonn (12.—21. Juni 55 v. Chr. erbaut) hatte 46 Pfahl-Joche mit 5 Pfählen und ebensoviel *detachierte Eisbrecher* mit 3 Pfählen, hiefür waren also im ganzen 368 Pfähle einzurammen, bei Eschenz hingegen nur 208 Stück, d. h. circa 40% weniger. Es wurden nämlich für eine annähernd gleiche Brückenlänge bei Eschenz die Spannungen 3—6 m grösser und daher die Unterstützungen der Joch-Brücke weniger zahlreich, ferner durch die 5 schwimmenden Unterlagen der Schiffbrücke auch noch 5 Pfahl-Joche erspart.

Bei Bonn waren beide Ufer hochwasserfrei und beanspruchten deshalb die dortigen Zugänge möglicherweise etwas weniger Arbeitszeit als bei Eschenz, wo das linke Ufer zum Teil dem Hochwasser ausgesetzt ist.

Dagegen verursachte der angeblich 10 m breite Oberbau der Brücke bei Bonn etwa 50% mehr Arbeit als derjenige von Eschenz, welcher nur eine Breite von 6,40 m hatte und dennoch genügte.

Es dürfte sich daher überhaupt fragen, ob die Brücke bei Bonn wirklich 10 m breit war, da sie ja doch nur zu einem ganz vorübergehenden Zweck dienen musste, für welchen auch eine geringere Bahn-Breite vollständig ausgereicht hätte.

Da beide Rhein-Uebergänge jeweilig in 10 Tagen erstellt wurden, so war vermutlich Cäsar's überraschender Brückenbau bei Bonn auch später noch ein anspornendes Beispiel für denjenigen bei Eschenz und hat alsdann hier in mancher Beziehung einen ganz ebenbürtigen Rivalen gefunden.

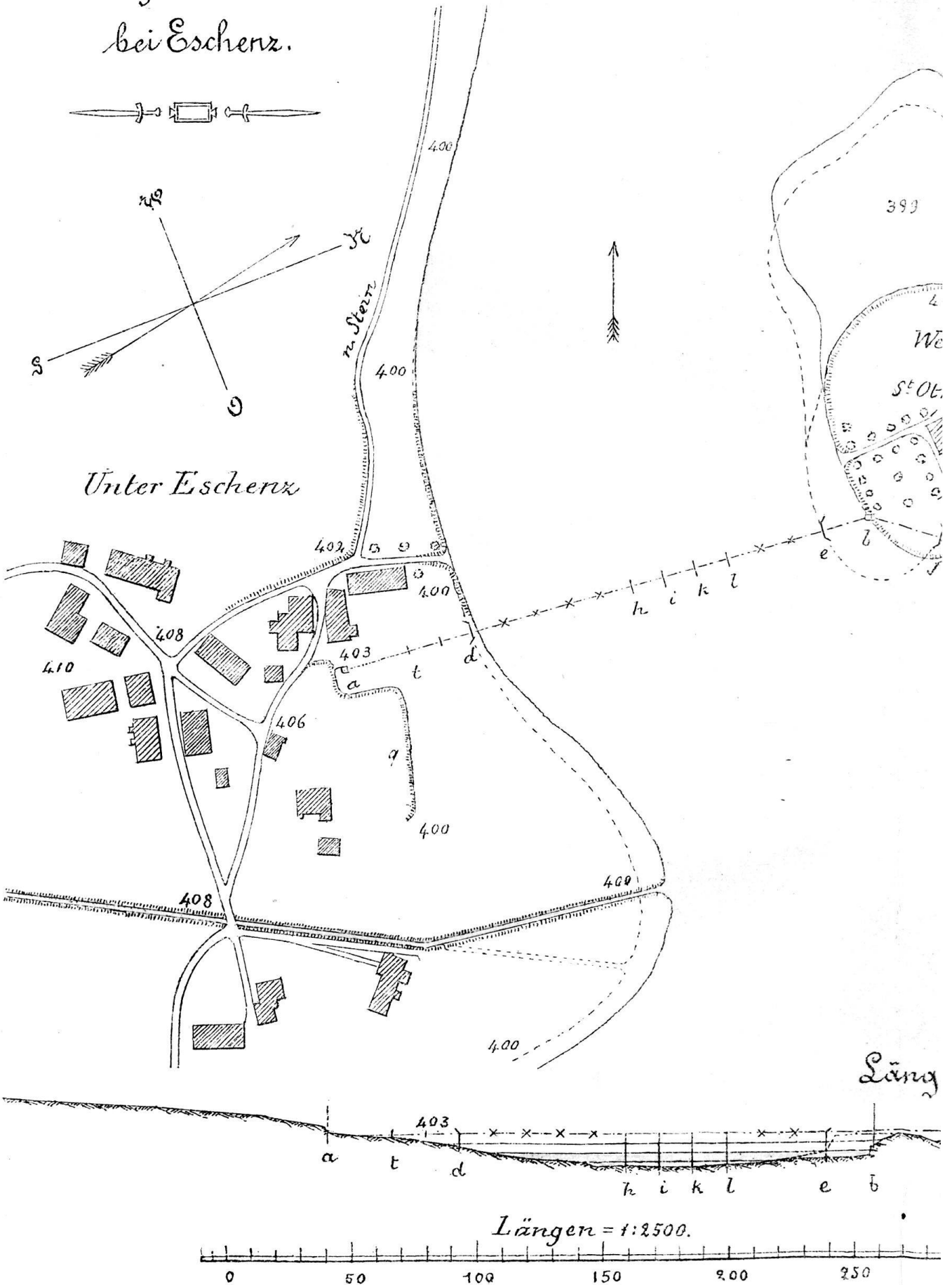
Schluss-Bemerkungen.

Anno 1733 wurden im linken Flussarm etwa 50 Pfähle herausgezogen, welche wahrscheinlich dem Widerlager *d* und den 4 nächsten Jochen angehörten; es dürften daher an der Brückenstelle bei Eschenz vielleicht nur noch einige vereinzelte *Ueberreste* gefunden werden, nämlich:

Vom *Widerlager f* und den 2 folgenden *Jochen* am Nordrande der *Insel Werd*, sowie vom *Schiffs-Depot u* (der Sage nach ein römischer Hafen), circa 120 m weiter unten; ferner vom gemauerten *Brückenkopf q* bei *Eschenz*, möglicherweise auch von demjenigen auf dem *rechten Rhein-Ufer*.

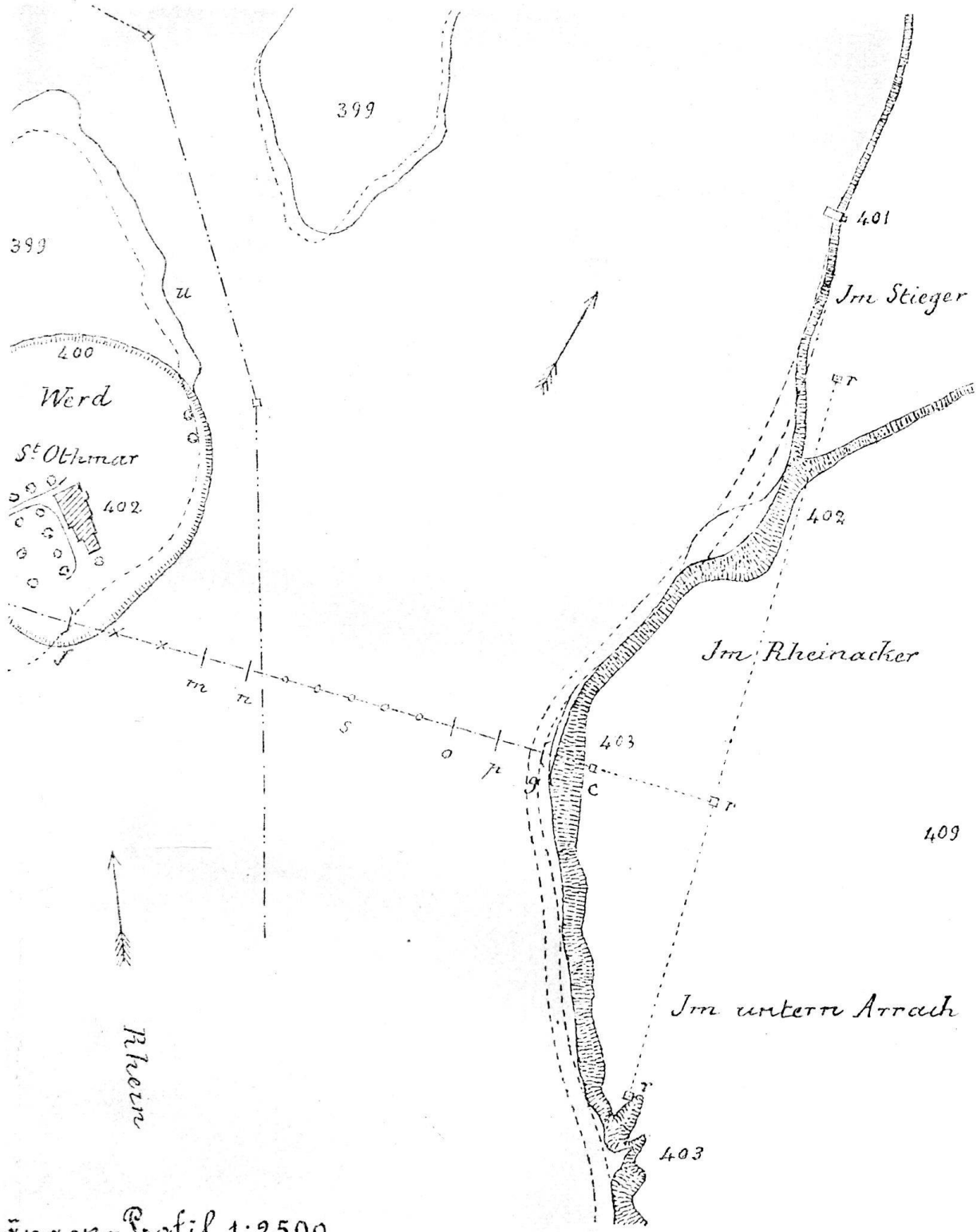
Ehemalige Körner-Brücke
bei Escherz.

Situat

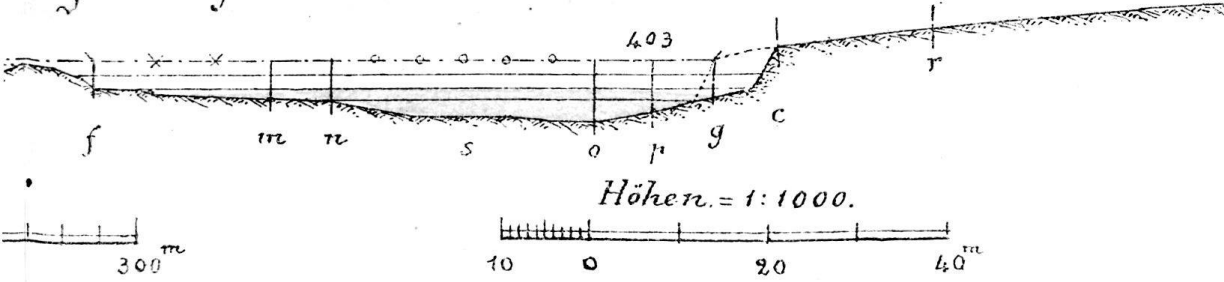


Alle Rechte vorbehalten.

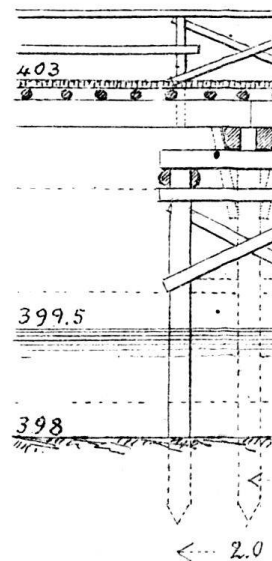
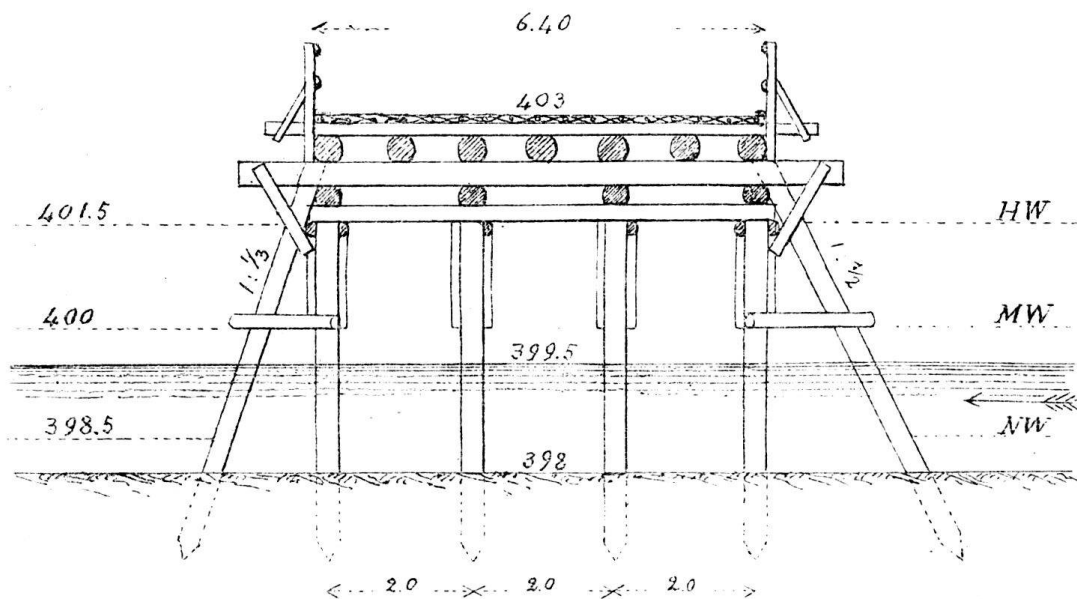
Lageplan 1:2500.



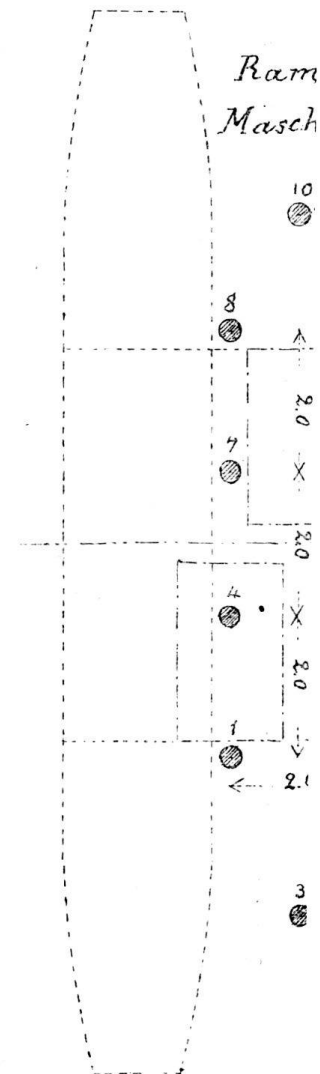
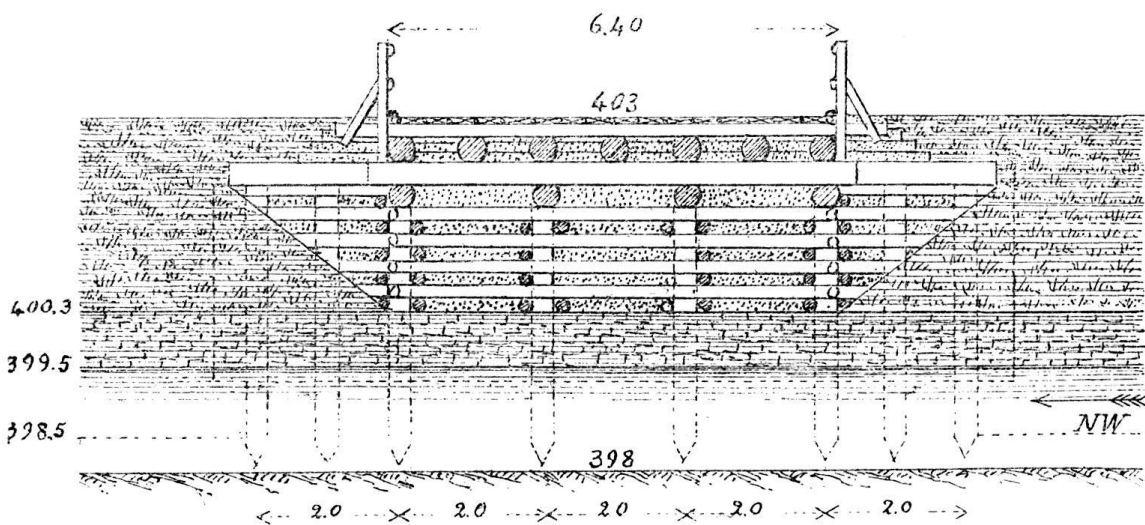
Längs-Profil 1:2500.



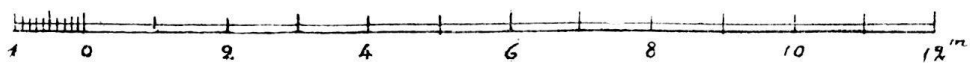
Joch



Widerlager

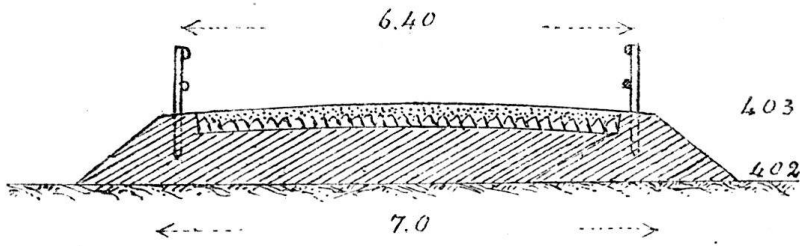


1:125

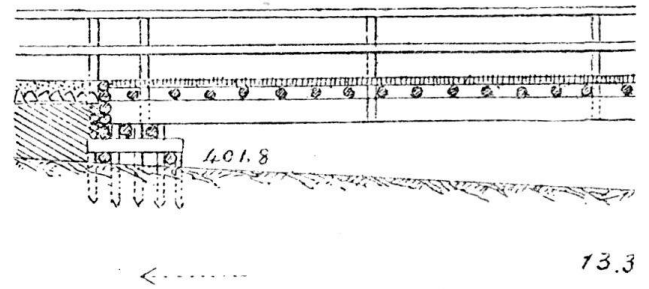


Alle Rechte vorbehalten.

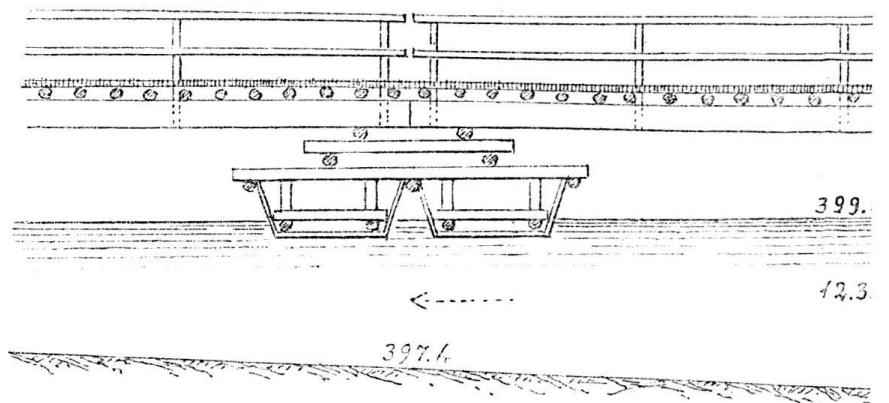
Damm



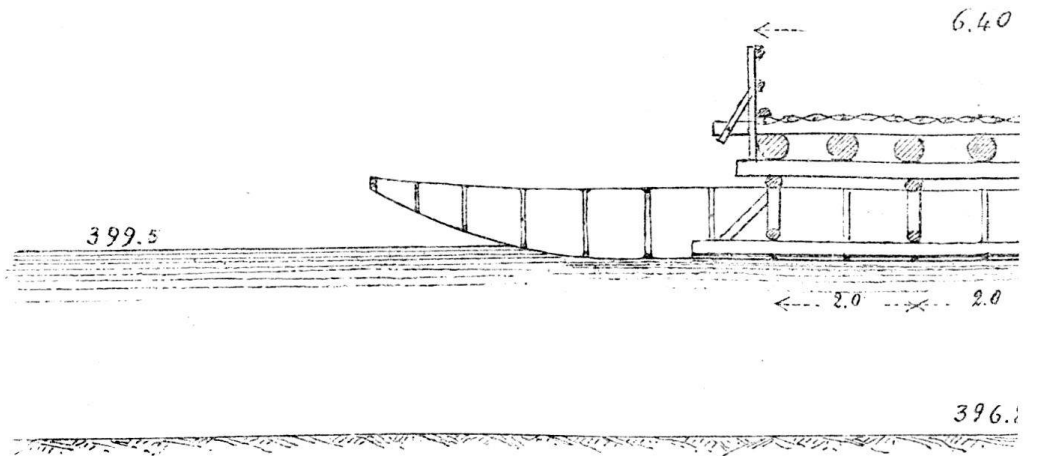
Holzstappe



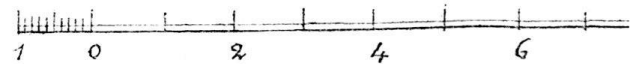
Schiff-D.



Schiffs-Aus

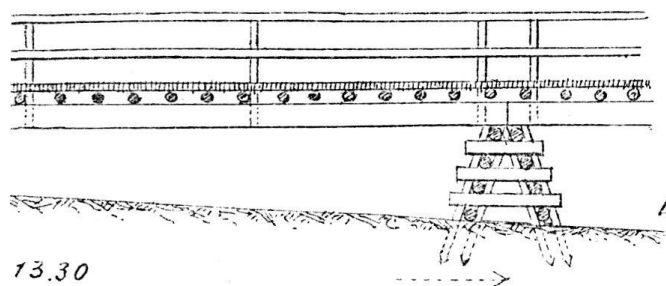


1:15



Alle Rechte vorbehalten

Eisenbrücke

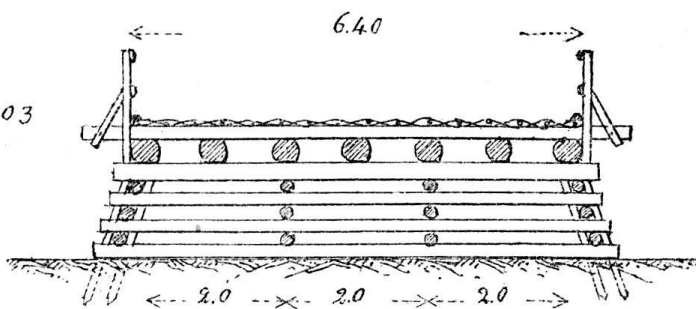


13.30

4.03

4.01

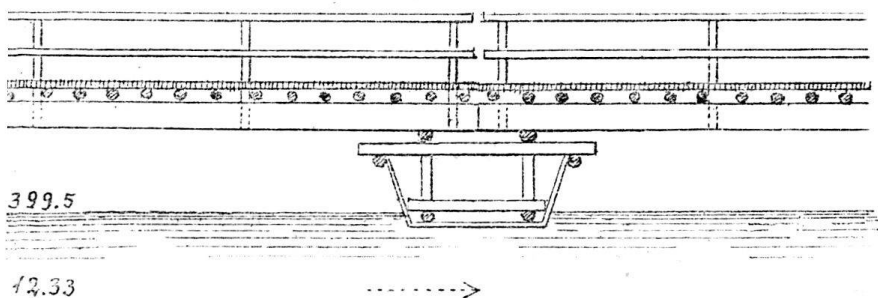
Holzstapel



6.40

2.0 2.0 2.0

Brücke

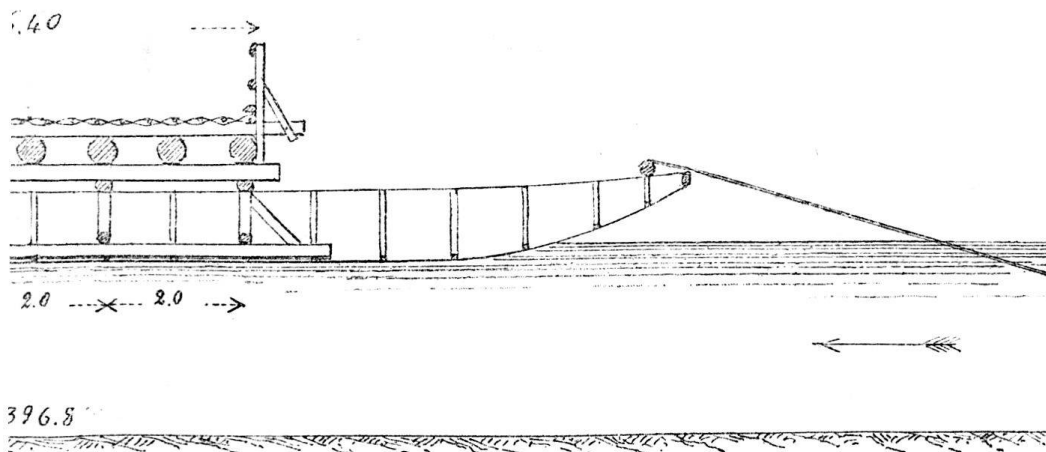


399.5

12.53

396.8

Ausrüstung



6.40

2.0 2.0

396.8

1:125.

