

Deutsch-Oesterreichisch-Ungarischer Verband  
für Binnenschifffahrt.

Verbands-Schriften.

No. LVIII.

**Studien**

betreffend das

**Donau-Main-Kanal-Projekt.**

Mittheilungen des technischen Amtes des  
Vereins zur Hebung der Fluss-  
und Kanalschifffahrt in Bayern.

Erstattet auf dem IV. Verbands-Tage in Budapest am  
6. September 1899

vom

Königl. Abtheilungsingenieur Wöhrle, Nürnberg.

Mit einer Tafel.



Siemenroth & Troschel  
W. Lützowstrasse 106.

F. 2  
30

F. 2. 30

№ 18

16661486

4259079



K. 18. 4. e - 3

K. 18. 4.  
e. 3

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299295

Deutsch - Oesterreichisch - Ungarischer Verband  
für Binnenschifffahrt.

Verbands-Schriften.

No. LVIII.

**Studien**

betreffend das

**Donau-Main-Kanal-Projekt.**

Mittheilungen des technischen Amtes des Vereins zur  
Hebung der Fluss- und Kanalschifffahrt in Bayern.

Erstattet auf dem IV. Verbands-Tage in Budapest am  
6. September 1899

vom

Königl. Abtheilungsingenieur Wöhrl, Nürnberg.

Mit einer Tafel.



Berlin, 1900.

Siemenroth & Troschel

W. Lützowstrasse 106.



x  
588



~~II 6890~~



U-351763

Akc. Nr.

~~2968~~ | 51

3PU-7-81/2018

## Ueber den Unterbau von Schiffshebewerken auf geneigter Bahn.

Mit einer Tafel.

Vortrag des Herrn Kgl. Abtheilungsingenieur Wöhrl, Nürnberg.

Der Zweck, der diesen Mittheilungen zu Grunde liegt, ist, einzelne Fragen speziell bauingenieurtechnischer Natur — vor allem die der allgemeinen Anlage der Häupter und der Fahrbahn, sodann die Konstruktion der Fahrbahn selbst — Fragen, welche bislang zu sehr gegenüber der maschinentechnischen Aufgabe in den Hintergrund getreten waren, näher zu erörtern.

Es ist ja allerdings kein Zweifel, dass der Schwerpunkt der Konstruktion solcher Schiffshebewerke auf maschinentechnischer Seite liegt, doch muss andererseits betont werden, dass keinem wesentlichen Konstruktionstheile eine mindere Sorgfalt zugewendet werden darf, vor allem nicht der Fahrbahn, der mit Rücksicht auf Bau, Betrieb und nicht zuletzt auf Unterhaltung eine ganz ausserordentliche technische Bedeutung zukommt — sicher eine noch grössere, als dies bei dem Eisenbahnoberbau schon der Fall ist. Dabei lässt dieser letztere eine Konstruktion zu, welche die Unterhaltung bezw. Auswechslung verhältnissmässig leicht möglich macht, während hingegen bei den Schiffshebewerken in Folge der dort wirkenden grossen Lasten, welche rund das Dreifache des Gewichtes eines normalen Güterzugbruttogewichtes auf eine 6 mal geringere Zuglänge konzentriert darstellen, im Allgemeinen ein Unterbau nothwendig wird, welcher eine innige Verbindung von Stein oder Beton mit Eisen und im Ganzen ein Bauwerk bildet, das einmal mit grossen Kosten ausgeführt auf lange Jahre hinaus unverrückbar den gestellten Anforderungen genügen soll.

Diesen Fragen näher zu treten, ist um so mehr angezeigt, als die maschinentechnische Aufgabe nach dem Urtheil berufendster Fachmänner als einwandfrei gelöst betrachtet werden kann, wenn auch nicht ausgeschlossen erscheint, dass in Folge des raschen Vorwärtsgehens der modernen Technik auf allen

ihren Gebieten neue Lösungen den älteren werden den Rang streitig zu machen suchen.

Die z. Zt. bei unserem technischen Bureau im Gange befindlichen Projektirungsarbeiten konnten vorläufig nur auf den bisher veröffentlichten endgiltigen Entwürfen und Vorschlägen fussen und dementsprechend bilden diese auch die Grundlage für die folgenden Ausführungen. Es sind dies chronologisch geordnet:

1) Die in den *Nouvelles Annales de la Construction* (Jahrgang 1898) veröffentlichten französischen Konkurrenzentwürfe des Marne-Saône Kanales v. Jahre 1893.

2) Die preisgekrönten Entwürfe des Donau-Moldau-Elbe-Kanals v. Jahre 1896 einschliesslich des Peslin'schen Projektes.

3) Das in der Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins (Jahrgg. 1899 No. 27) behandelte Projekt der Schiffstrommel als Hebewerk von Tentschert—Czischek und endlich

4) Das in dem Centralblatt der Bauverwaltung (Jahrgg. 1899 No. 59) vorgeschlagene Projekt der Verwendung des Trogwassers zur Schiffshebung von Wasserbauinspektor Nakonz in Düsseldorf.

Vor Behandlung des eigentlichen Themas sei Einiges vorausgeschickt, was zur Beurtheilung der allgemeinen Verhältnisse nöthig erscheint.

Wie bekannt, dient das Schiffshebewerk auf geneigter Bahn nicht allein dazu, durch Konzentration des Gefälles mehrerer kleiner Stufen die Anlage der für einen modernen Grossschiffahrtsweg unbedingt nöthigen langen Haltungen zu ermöglichen, sondern bietet vor allem ein Mittel, beliebig grosse Gefälle auch bei mangelndem oder ungenügend vorhandenen Schleusungswasser zu überwinden. Diesem letzteren Zwecke haben die Schiffshebewerke neben dem ersteren auch bei dem bayerischen Gebirgskanal — wenn man ihn so nennen darf — durchgehends zu dienen. Im Uebrigen sind die allgemeinen Verhältnisse dort überall so gelagert, dass von einem mehr oder minder hoch gelegenen Punkt eines Thalanges in dieses selbst abgefahren werden soll. Diese sämmtlichen Thäler sind von kleinen Flussläufen durchzogen.

Man wird nun bei Anlage eines Schiffshebewerkes an solchen Stellen stets trachten, die zu überwindende Stufe möglichst gross zu wählen, bezw. so tief als möglich abzufahren —

zum mindesten, soweit dies nicht irgend welche anderen Gründe, wie z. B. die nothwendige Ueberschreitung des Thales, verbieten, auf das Thalwasser selbst.

Die Gründe hierfür sind folgende: Es ist zunächst von vornherein klar, dass es sich empfiehlt, an ein und derselben Stelle so tief als möglich abzufahren, um dies nicht später thun zu müssen und etwa gezwungen zu sein, kurz hinter einem Hebewerke eine Schleuse anzuordnen, ferner — die Baukosten einer schiefen Ebene wachsen bei Anwendung einer grösseren Hubhöhe nur um wenig mehr als die Kosten der längeren Fahrbahn, weshalb die möglichste Ausnützung des Gefälles einer schiefen Ebene auch vom ökonomischen Standpunkte aus als geboten erscheint — endlich wird durch die tiefe Lage des Wasserspiegels der unteren Haltung die Wasserbeschaffung erleichtert, was sehr wünschenswerth ist, da eine verhältnissmässig nur geringe Höhenlage des Unterwassers gegenüber dem Thalwasser meist schon Schwierigkeiten in dieser Beziehung im Gefolge hat, die, will man nicht zur Speisung mittels Pumpen übergehen, eine grössere Differenz der Wasserspiegel überhaupt nicht zulassen.

Nach diesen allgemeinen Ausführungen komme ich dazu, die einzelnen Projekte in dem angegebenen Sinne näher zu untersuchen.

Was zunächst die französischen Konkurrenzentwürfe des Marne-Saône Kanals anlangt, so befinden sich darunter 3 Projekte schiefer Ebenen. Die in den Nouvelles Annales de la Construction hierüber enthaltene Veröffentlichung des Ingenieurs Cadart bildet einen Auszug aus dem Berichte der Spezialkommission, welche von dem französischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten zur Beurtheilung der vorgelegten Entwürfe ernannt war. Nach diesem Berichtsauszug beträgt die ganze zu überwindende Höhe 41 m.

Das Projekt der Unternehmung Barret & Creusot nimmt 2 schiefe Ebenen 1 : 12 geneigt an, mit einem Hub von je 20,5 m Höhe. Zwei Tröge halten sich auf neben einander liegenden Längsbahnen das Gleichgewicht. Das Troggewicht ruht auf jeder Seite auf 28 Achsen, deren jede 2 Laufräder von 0,90 m Durchmesser trägt. Die Fahrbahn besteht aus 4 Stahlschienen von 48 kg/lfd. m Gewicht, welche zu je zweien eine Bahn von 1,10 m Breite bilden, die mittels hölzerner Längs- und Querschwellen auf gemauertem Fundamente ruht.

Das zweite Projekt (Thomasset & Vallot & Cie.), in einer Stufe von 41 m Hubhöhe mit 2 sich gleichfalls auf Längsbahnen ausbalancirenden Trögen wählt als Mittel zur Fortbewegung Gleitschuhe nach dem bekannten System Girard, welches einer bei der Pariser Weltausstellung 1889 im Betrieb vorgeführten kleinen Eisenbahn zu Grunde lag. Der Oberbau der Fahrbahn dieses Schiffshebwerkes besteht aus  förmigen Trägern von 0,35 m breiter Oberfläche, von welcher — wie es in der Veröffentlichung heisst — die Gleitschuhe während der Bewegung stets durch eine dünne Schicht Wassers, welches dem Fuss derselben entweicht, getrennt sind. Aus den veröffentlichten Plänen ist ferner zu entnehmen, dass ein durchlaufendes Fundament nicht vorhanden, sondern lediglich in Abständen von je 1,50 m Stützpfiler mit einer mittleren Querschnittsfläche von 0,30 qm eingebaut sind, welche die an den ruhenden Stößen einfach verlaschten 3 m langen Laufschiene tragen. Das Terrain zwischen den Stützpfilern ist mittels 20 cm starker Betonschicht abgedeckt.

Das dritte Projekt endlich von denselben Verfassern unterscheidet sich von dem vorigen lediglich durch die Anwendung nur eines Troges bei einer Neigung von 1:67 oder 1,5 ‰, und die vorgesehene Bewegung mittels Lokomotivbetriebes.

Diese sämtlichen Projecte sind unter dem Gesichtspunkte zu beurtheilen, dass dieselben für Schiffe von nur 300 t Tragfähigkeit dienen sollten.

Projekt No. 1 und 3, die noch das Prinzip der Schiffseisenbahn festhalten, dürfen wohl aus diesem Grunde ausser Besprechung bleiben, da die Anwendung von Laufrädern als Bewegungsvorrichtung durch andere, bessere, d. h. geringeren Bewegungswiderstand erzeugende ersetzt werden können und müssen.

Durch das 2. Projekt, welches ebenfalls als überholt gelten darf, wird gleichfalls eine Anregung bezüglich der Ausführung der Fahrbahn nicht gegeben.

Die beiden Laufschiene auf 1,50 m Entfernung freitragend zu lagern, wird bei den für Schiffe von 600 t Tragfähigkeit aufzustellenden Projekten eine Nachahmung nicht finden, sowohl wegen des hierfür nothwendig werdenden ausserordentlich hohen Widerstandsmomentes der Laufschiene, deren elastische Durchbiegung mit Rücksicht auf eine gleichmässige Druckvertheilung durch die Bewegungsvorrichtung nur sehr gering sein

dürfte, als der übergrossen konzentrirten Vertikalkräfte, welche infolge der Continuität der Laufschiene eine Lockerung der Auflagerung und damit eine gefährliche Bewegung der Fahrbahn befürchten liessen.

So ergäbe sich für eine sonst gleiche Anordnung bei Voraussetzung von 600 t Schiffen und einem Abstand der Gleitschuhe von 4,0 m, wie dies den im Nachfolgenden besprochenen Anordnungen des Projektes von Haniel & Lueg entspricht, unter Berücksichtigung der Stosswirkungen infolge von Unebenheiten der Fahrbahn sowie der Wirkungen des Spannungswechsels ein grösstes nothwendiges Widerstandsmoment von ca.  $3,0 \text{ dm}^3$  und ein grösster Auftrieb an den Auflagern von ca. 9 t. Auf die Unmöglichkeit, in Neigungen von 10 und mehr  $\frac{0}{0}$  derartig stark beanspruchte Laufschiene gegen das Wandern zu schützen, soll nur beiläufig hingewiesen werden.

Diese Angaben dürften genügen, um zu zeigen, dass diese Art des Oberbaues für grosse Schiffshebewerke unzulänglich ist.

Desgleichen wird dies der Fall sein bezüglich des in einzelne Stützblöcke zergliederten Fundamentes. Die wesentlichste Forderung, welche an ein solches Fundament gestellt werden muss, ist die der nach technischen Begriffen vollständigen Unnachgiebigkeit. Zur Erreichung einer solchen ist aber vor allem ein möglichst ausgedehntes, wenigstens in der Richtung der Fahrt durchlaufendes, womöglich auch durch Querverbindungen senkrecht zu dieser gesichertes Fundament, welches die Möglichkeit von lokalen Setzungen durch Verringerung des Einheitsdruckes thunlichst hintanhält.

Gerade das Gegentheil dieser Forderungen ist bei dem erwähnten französischen Entwurfe zu finden und selbst die dabei in Aussicht stehende Ersparniss an Mauerwerk und an Baukosten wird nicht dazu verleiten, ein ähnliches Projekt aufzustellen.

Bezüglich der Nachteile der allgemeinen Anlage des Unterhauptes und der dort befindlichen Fahrbahn verweise ich auf die damit sich deckenden bezüglichlichen Ausführungen über Längsbahnen, welche im Folgenden sich anschliessen.

Es würde von der Sache zu weit abführen, in eine allgemeine Beschreibung der für den Donau-Moldau-Elbe-Kanal bestimmten Konkurrenz-Entwürfe einzugehen. Ich darf sie im grossen ganzen ja wohl als bekannt voraussetzen und hebe nur hervor, dass den Entwürfen von Haniel & Lueg das

System der Längsbahn mit hydraulischen Gleitstempeln nach Girards Prinzip — jedoch ohne Wasserverbrauch, dem Projekte der vereinigten 5 böhmischen Maschinenfabriken das System der Querbahn mit Wälzungsrollen zu Grunde liegt. Im Uebrigen verweise ich auf den auch im Buchhandel erschienenen Jury-Bericht des Professors Riedler sowie einen Vortrag des Direktors der genannten Maschinenfabriken Schönbach (Zeitschr. des österr. Ing.- und Arch.-Vereins, Jahrgang 1898).

Die Fahrbahn besteht bei den Längsbahnen von Haniel & Lueg aus zwei Stahllamellen 500/60 mm — den eigentlichen Gleitbahnen —, welche durch Vermittelung je 2 schwerer in Beton eingebetteter Walzträger auf das durchlaufende, 3 m breite und ca. 2 m tiefe Fundament gelagert sind. Die Lamellen der Gleitbahn überblatten sich an den Stößen und sind dort fest miteinander verbunden, die Stöße selbst sind mittels Kupferstreifen verstemmt und gedichtet. Der Längsbewegung der Lamellen ist durch supportartige Führung an den Seiten Rechnung getragen.

Diese Konstruktion hat von Seite des verdienstvollen Verfassers des erwähnten Jury-Berichtes H. Prof. Riedler eine eingehende Würdigung bereits gefunden. Er kommt zu dem Schlusse, dass dieselbe eine ganz einwandfreie Lösung noch nicht darstellt und bezweifelt vor allem die Möglichkeit der ungehinderten Ausdehnung der Gleitbahn für sich auf ihre ganze Länge bei Temperaturänderungen, und er schlägt vor, dieselbe in Abschnitten von 50—80 m mit trennenden Fugen zu versehen, so dass sich diese Theilstrecken für sich frei ausdehnen können. Jeder Presskolben sollte dabei beim Ueberfahren der undichten Stossfuge ohne Wasserdruck bleiben können.

Dieser Vorschlag ist nicht von der Hand zu weisen, doch fragt es sich, ob es nicht gelingt, die Gleitbahn in ihrer Lage zum Fundament so zu sichern, dass eine Ausdehnung derselben nur in demselben Maasse stattfinden kann, wie dies bei den in den Beton eingebetteten Trägern der Fall sein wird.

Im Allgemeinen wird der Vorgang der sein, dass sich die bis zu ihrer Oberkante in das Betonfundament gelagerten I Träger, (wenigstens zeigen die späteren Projekte der gleichen Firma diese Anordnung) auf denen die Gleitbahn ruht, infolge des gegenüber dem Beton verschiedenen Ausdehnungscoefficienten bei Temperaturwechsel gegen diesen zu verschieben suchen.

Nun haftet aber das in Beton eingebettete Eisen mit grösster Festigkeit an diesem (Bauschinger hat auf Grund von Versuchen an Monier Konstruktionen die Grösse dieser Adhäsion zu 40—47 kg/cm<sup>2</sup> angegeben und dabei zugleich ausgesprochen, dass eine der Tragfähigkeit schädliche Trennung von Eisen und Cement selbst bei hohen und raschen Temperaturänderungen nicht eintritt). Setzt man eine solide Ausführung voraus, so ist unter solchen Umständen eine gegenseitige Verschiebung von Eisen und Beton ausgeschlossen und beide zusammen werden sich nur als Ganzes ausdehnen können. Wird also die Gleitbahn mit dem Unterbau entsprechend unverschieblich verbunden, dann wird auch deren Längsausdehnung nur von der des ganzen Körpers abhängen.

Freilich werden dadurch in der Gleitbahn innere Spannungen auftreten, doch dürften dieselben unbedenklich sein, so lange einer Verwerfung durch entsprechende Profilwahl der eingebetteten Träger und entsprechende Befestigung der Stösse vorgebeugt wird.

Anders verhält es sich mit dem Betonfundament selbst. Dieser lang gestreckte Körper von 3 m Breite und 2 m mittl. Tiefe wird infolge der auftretenden Temperatur- und Feuchtigkeitswechsel in seinen oberen und unteren Parteien von einander abweichende Volumenveränderungen erleiden. Die Folge davon wird sein, dass er in gewissen Abständen reisst. Diese Erscheinung zeigen z. B. in ganz charakteristischer Weise die durchlaufend ausgeführten Quaimauern, die ja einen Vergleich wohl zulassen, da sie gleichfalls mit den 3 Medien — Wasser, Luft und Erde —, in welchen sämmtlich von einander verschiedene Temperaturzustände herrschen können, in Berührung stehen. Mit unerbittlicher Sicherheit bilden sich an solchem Betonkörper in gewissen Abständen Fugen, welche als Folgen der ungleichen Ausdehnung angesehen werden müssen.

Nun entsteht die Frage, wird dieses Reissen auch bei den mit Eiseneinlagen verstärkten Betonkörpern eintreten und welches ist der Einfluss solcher Risse auf die Fahrbahn?

Bezüglich des ersten Punktes möchte ich meiner Ueberzeugung dahin Ausdruck geben, dass ein Bruch des Betonkörpers in diesem Falle nicht stattfinden wird, da derselbe gerade an der Stelle der grössten auftretenden Volumenänderungen durch eine sehr kräftige Eiseneinlage verstärkt ist. Die Erfahrungen, welche bei Bränden und Brandproben mit

Eisen-Betonkonstruktionen gemacht wurden, bestärken diese Anschauung. Vorausgesetzt ist hierbei, dass diese Eiseneinlage in allen ihren Theilen gleiche Widerstandsfähigkeit gegen Längsverschiebung besitzt, dass also vor Allem die Konstruktion der Stösse jede lockere Bewegung derselben ausschliesst.

Sollte aber dennoch ein Riss eintreten, so erscheint eine unmittelbare Gefahr für die Laufbahn noch nicht gegeben; die Adhäsion zwischen Eisen und Beton wird in diesem Falle nur auf eine verhältnissmässig geringe Strecke aufgehoben, während die Eisenkonstruktion durch die auftretende unbedeutende Unterbrechung ihres Auflagers in gefahrbringender Weise nicht beeinflusst wird.

Es könnte hier noch die Frage entstehen, ob es nach dem obigen sich nicht empfehlen würde, von vornherein die Betonfundamente in entsprechend langen Theilstrecken herzustellen und mittels elastischer Zwischenmittel trennende Fugen zu schaffen.

Ich möchte dem jedoch nicht das Wort reden, da hierbei der Vortheil aus der Hand gegeben wird, die eventuell infolge von Unebenheiten der Fahrbahn auftretenden Druckkonzentrationen durch ein zusammenhängendes Fundament zu paralyisiren. Im Gegentheil wäre zu versuchen, den Zusammenhang desselben noch weiter zu festigen, dadurch, dass die oben erwähnte Eiseneinlage — die Trägerin der eigentlichen Gleitbahn — in Abständen von etwa 5 zu 5 m mittels untergezogener Querträger noch inniger mit dem Beton verbunden und ausserdem für die tieferen Lagen des Fundamentes gleichfalls eine durchlaufende Eiseneinlage vorgesehen wird.

Die Schlussfolgerungen bezüglich dieses Details der Fahrbahnkonstruktion sind die, dass man einem neu aufzustellenden Projekt im Grossen und Ganzen die von Haniel & Lueg vorgeschlagene Fahrbahn wird zu Grunde legen können, ohne dass zu befürchten ist, dass sich für den Betrieb grössere Schwierigkeiten ergeben, oder dass infolge weiterer Erfahrungen und Erwägungen so wesentliche Aenderungen werden nothwendig werden, dass die Kostenberechnungen nicht heute schon mit genügender Sicherheit aufgestellt werden könnten.

Das Gleiche gilt, um dies gleich an dieser Stelle zu erwähnen, von dem Querbahn-Projekte der vereinigten 5 böhmischen Maschinenfabriken. Die Fahrbahn gestaltet sich hier um so einfacher, als das Dichten der Stossfugen entfällt, da;

wie oben erwähnt, als Bewegungsvorrichtung an Stelle von hydraulischen Gleitstempeln Wälzungsrollen verwendet sind.

Die eigentliche Fahrbahn (4 an der Zahl) bildet hier eine  förmige Schiene aus Gussstahl, durch deren breiten Fuss der Druck mit 11,2 bzw. 7,1 kg/cm<sup>2</sup> auf das Betonfundament, welches mit 1,60 m mittl. Breite und 2 m Tiefe vorgesehen ist, wird die Belastung auf den Baugrund abgegeben. Bezüglich dieses Fundamentes gilt das bereits oben ausgeführte und ist nur zu erwähnen, dass hier die oben erwähnte Theilung in einzelne Abschnitte durchgeführt ist.

Schliesslich — um auch des Peslin'schen Projektes in Hinsicht auf die Konstruktion der Fahrbahn zu erwähnen — so kann ich mich auf den Bericht Prof. Riedlers beschränken, in welchem er sagt, dass diese Konstruktion der Fahrbahn in der projektirten Form für grosse Belastungen unzureichend ist. Die Gesamtlast verteilt sich, um dies kurz zu berühren, auf 2 Geleise von zusammen 4 Schienen. Letztere, welche die Form von Eisenbahnschienen haben, besitzen ein Gewicht von 45 kg pro lfd. m (also ein geringeres als die grösseren z. Zt. im Eisenbahnbetrieb verwendeten Schienen) und ruhen auf gewöhnlichen Holz-Längsschwellen 250/200 und darunter liegenden Querschwellen 250/250, die in ein im ganzen nur 600 mm tiefes Betonfundament eingebettet sind.

Diese Art von Fahrbahn-Konstruktion, welche die Nachgiebigkeit des Eisenbahnunterbaues mit der festen Fundirung zu vereinigen sucht, wird also bei einer Neuaufstellung von Entwürfen eine Verwendung nicht finden können, da für grosse Lasten ein vollständig unnachgiebiger Unterbau vorausgesetzt werden muss, wenn die Zuverlässigkeit der Lauffläche garantiert werden soll.

Es bieten also von den vorbesprochenen Entwürfen nur die von Haniel & Lueg, sowie die der vereinigten 5 böhmischen Maschinenfabriken eine genügende Grundlage, um in die Projektirung der Fahrbahnkonstruktion und des Unterbaues einzutreten.

Anders dagegen — und ich komme hier zu einem sehr wesentlichen Punkte meiner Ausführungen —, verhält es sich bezüglich der allgemeinen Lage der Unterhäupter und der unmittelbar an diese anschliessenden Fahrbahn und zwar sowohl der Längs- als Querbahnen.

Wie aus den beiliegenden Skizzen entnommen werden kann, liegen die allgemeinen Terrainverhältnisse der für Anlage von schiefen Ebenen beim Donau-Main-Kanal in Betracht kommenden Thalhäufe fast durchweg so, dass diese Gehänge im günstigsten Fall zunächst mit annähernd gleicher Neigung abfallen, um sich dann mit bedeutend flacherem Gefäll gegen die Thalmitte hin zu senken — im ungünstigsten Fall aber eine sich mehr und mehr verflachende Kurve bilden.

Zeichnet man nun die Nivelette einer Längs- oder Querbahn nach den früher aufgestellten Grundsätzen und unter möglicher Anpassung an das Gelände in die dargestellten Profile ein, so ergibt sich durchgehends der Missstand, dass das Unterhaupt und ein entsprechender Theil der anschliessenden Fahrbahn tief in das Unterwasser bezw. Grundwasser eintauchen und ausserdem infolge der oben erwähnten sich verflachenden Neigung des Terrains ganz ausserordentlich tief unter dieses zu liegen kommen.

Zur Uebersicht über diese Verhältnisse diene die nachfolgende Tabelle:

Schiffshebewerk	bei km	System	Hubhöhe		Neigung	Tiefster Punkt der Fahrbahn liegt unter			Im Untergrund zu erwarten
			Horizontale Länge	Länge		Unterwasser	Grundwasser	Terrain	
			m	m					
Beilngries.	41	Querbahn	26	172	1:6,66=15 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	9	9	13	Untere Doggerschichten
		Querbahn	50	346	1:7=14,3 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	15	15	22	
		Längsbahn	50	570	1:10=10 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	17	17	29	
Weichersdorf	56	Querbahn	23	345	1:15=6,7 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	9	9	14	Diluvialsand und oberer Lias
Ochenbruck	90	Längsbahn	63,7	520	1:7=14,3 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	14	9	15	Keupersandstein
		Querbahn	60,7	238	1:4=2,5 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	12	7	14	
		Schiffstrommel	60,7	508	29, 25 u. 7 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	11	6	7	
Erlangen	134	Längsbahn	30	424	1:12=8,3 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	11	8	16	Stuben- und Burgsandstein
		Querbahn	30	320	1:11=9,1 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	10	7	11	

Hierzu ist im Allgemeinen zu bemerken, dass die Terraingestalt bei den sämtlichen Profilen mehr auf die Querbahn hinweist. Die Verhältnisse liegen, wie aus der Tabelle ersichtlich, hierfür durchweg günstiger.

Bezüglich des Schiffshebewerks bei Ochenbruck soll darauf hingewiesen werden, dass hier der Unterwasserspiegel mit Rücksicht auf die nothwendige Ueberschreitung des Schwarzachthales ca. 5 m über dem Mittelwasser der Schwarzach angenommen ist. Im Falle des Abfahrens auf das Thalwasser selbst würden die Verhältnisse sich demnach bedeutend ungünstiger gestalten und beispielsweise der tiefste Punkt der Fahrbahn einer längsgeneigten Ebene 19,0 m unter Unterwasser, 14 m unter Grundwasser und 20 m unter Terrain zu liegen kommen. Bezüglich des Projektes der Schiffstrommel bei Ochenbruck sei noch angefügt, dass die Verhältnisse hier insofern günstig liegen, als das Oberhaupt auf dem Hochplateau selbst angeordnet werden kann. Aus der betreffenden Skizze ist zu entnehmen, um wie viel ungünstiger eine Anlage des Oberhauptes an dem Thalhange sich gestalten würde.

Die Misslichkeiten, welche, wie oben erwähnt, sich aus der nicht zu vermeidenden tiefen Lage des Unterhauptes der Längs- und Querbahnen unter dem Unter- bzw. Grundwasser ergeben, sind:

- 1) Die erschwerte Foundation in den wasserführenden Schichten des mittleren Jura, über dem mächtige diluviale Schuttmassen lagern.
- 2) Die Nothwendigkeit, die Fahrbahn im Bereich der Wasserlinie des Unterwasserspiegels als vollständig durchlaufenden wasserdichten Kasten auszuführen.
- 3) Die durch den Auftrieb des Wassers bedingten grossen Dimensionen dieses Kastens, dessen Boden auf Biegung beansprucht wird, vor Allem bei den breiten Querbahnen und endlich
- 4) die Schwierigkeit der Unterhaltung der Fahrbahn.

Man kann nun fragen, spielen diese Misslichkeiten bei dem heutigen Stande der Technik wirklich eine so grosse Rolle? Ich behaupte — eine sehr bedeutende, eine so grosse, dass bei misslichen Untergrundverhältnissen in Folge der entstehenden Baukosten die Ausführung wird in Frage gestellt werden können.

Eine Ausführung, wie sie bis jetzt in den Entwürfen vorgesehen ist — lediglich mittels Betonfundamentes, erscheint wenig

stens im Bereich der Unterwasserlinie mit Rücksicht auf den Betrieb nicht unbedenklich.

Das unter Druck wirkende Grundwasser wird die Betonfundamente ständig durchdringen und das auftretende Sickerwasser mittels Pumpen entfernt werden müssen. Beton nimmt in Wasser erhärtet eine grössere Festigkeit an als an der Luft. Ich nehme an, dass dies auch der Fall sei, wenn, wie hier, Wasser einseitig unter Druck auf den Beton wirkt. Aber — wie soll man sich eine Unterhaltung der in diesen Beton eingebetteten Eisentheile, welche die Gleitbahn oder die Laufschienen tragen, denken? Es entsteht die Frage, ob diese Eisentheile in dem stets durchfeuchteten Beton rosten. Diese Frage vermag mit Sicherheit nicht beantwortet zu werden. Es wird allerdings aus einzelnen bis jetzt bekannten Thatsachen geschlossen, dass infolge der Eigenschaft des Betons, im praktischen Sinn wasser- und luftdicht zu sein, die Vorbedingungen für die Rostbildung fehlen, doch sind diese Erfahrungen nicht genügende, ausserdem wird stets damit gerechnet werden müssen, dass einzelne Eisentheile selbst bei bester Ausführung mit dem schützenden Cement überhaupt nicht gedeckt sein werden. Darnach kann das Rosten der Eisentheile nicht für ausgeschlossen gelten. Tritt aber dieser Fall und die damit verbundene Volumenvermehrung des Eisens ein, dann werden unabsehbare Unzuträglichkeiten entstehen und die Unterhaltung eine ausserordentlich kostspielige werden.

Eine Möglichkeit, die Verhältnisse gegenüber der Anwendung eines einfachen Betonfundamentes zu verbessern, wäre die Foundation mittels eiserner Senkkästen, welche so hoch geführt werden müssten, dass das Eindringen von Grundwasser nach Fertigstellung der Foundation verhindert würde. Dass dies auch bei den ausserordentlich grossen Dimensionen, wie sie sich für das Unterhaupt eines Schiffshebewerkes ergeben, möglich ist, zeigen ausgeführte Beispiele, wie die Fundirung des Trockendocks in Toulon, bei welcher ein Senkkasten von 144 m Länge und 41 m Breite bei einem Gesamteisengewicht von 2400 t Verwendung gefunden.

Allein, was technisch ausführbar ist, muss, um ausgeführt zu werden, auch wirthschaftlich in einem gesunden Verhältniss zu dem Zwecke stehen, dem es dienen soll und in dieser Hinsicht, glaube ich, überschreitet eine derartige Konstruktion, welche bei kleinen Hubhöhen die gleiche nach Umständen sogar

eine noch grössere Ausdehnung erfordert wie bei den grössten, die zulässige Grenze.

Oberster Grundsatz beim Bau und Betrieb von Kanälen muss bleiben: Möglichste Billigkeit.

Durch die Anlage derartig kostspieliger Bauten wird zwar der Vortheil der Wasserstrassen gegenüber den Eisenbahnen noch lange nicht aufgehoben, aber doch beeinträchtigt. Freilich — wenn solche Anlagen zu viele werden, wird sich eine Grenze feststellen lassen, wo an die Stelle eines Kanales eine Eisenbahn zu treten hat.

Aus diesen Gründen ist man berechtigt zu sagen, dass die Anlage des Unterhauptes und der anschliessenden Fahrbahn von Längs- und Querbahnen in Folge des tiefen Eintauchens ins Unterwasser bezw. Grundwasser und der damit verbundenen Misslichkeiten und Ausführungskosten die ernste Aufmerksamkeit der Fachgenossen verdient und dass die Beseitigung oder Einschränkung dieser Misslichkeiten ein erstrebenswerthes Ziel bildet.

Ich kann an dieser Stelle nicht unterlassen, auf einen Umstand hinzuweisen, der beim Studium der Entwürfe der Hebewerke für den Donau-Moldau-Elbe-Kanal auffällt und die gekennzeichneten Missstände in potenzirter Form enthält, wenn ich auch zugebe, dass sich dieselben durch Aenderung der allgemeinen Anlage beseitigen lassen werden.

Das Preisausschreiben für die genannten Hebewerke enthält die Angabe, dass die beiderseitigen Thalhänge, welche für die Anlage eines Schiffshebewerkes vorhanden, unter einer Neigung von 1:15 gegen die Thalsohle abfallen. Die zu überwindende Höhendifferenz sollte 100 m betragen.

Eine weitere Bestimmung sagt: „Die Anzahl und Neigung der anzuwendenden Schiffsbahnen wird der freien Wahl der Projektanten anheimgestellt.“

Diese letztere Bestimmung hatte offenbar den Sinn, die Neigung der Fahrbahn solle so weit der freien Wahl anheimgestellt sein, dass dieselbe mit Rücksicht auf die vorhandene Terrainneigung von 1:15 noch ausführbar sei.

Nun nimmt der Entwurf von Haniel & Lueg eine Neigung von 1:8, der der vereinigten 5 böhmischen Maschinenfabriken eine solche von 1:5 an.

Durch diese, gegenüber dem Terrain so stark abweichende Neigung der Schiffsbahn ergeben sich aber bei einer Hubhöhe

von 100 m im ersten Fall 47 m, im zweiten Fall 67 m Höhendifferenz gegenüber dem Terrain, so dass, selbst wenn die Fahrbahn zur Hälfte in den Einschnitt, zur Hälfte in die Aufdämmung gelegt wird, die Erdarbeiten sowohl als die Konstruktion der Häupter so ungeheuerliche würden, dass die Ausführung nicht wohl möglich erscheint. Doch ist es jedenfalls nicht ausgeschlossen, durch Aenderung der Neigung der Fahrbahn sich dem Terrain so weit als möglich anzuschliessen und dadurch eine normale Anlage zu schaffen, für welche allerdings die früher schon beregten Misslichkeiten bestehen bleiben.

Der Anfang, auch diese zu beseitigen oder doch zu vermindern, scheint mir mit der in dem Centralblatt der Bauverwaltung erschienenen Veröffentlichung des Wasserbauinspektors Nakonz in Düsseldorf gemacht, welcher vorschlägt, das Trogwasser selbst zum Abheben der Troglast von der Gleitbahn an Stelle der durch Druckwasser eigens gespeisten Pressstempel zu verwenden. Es kommt mir nicht zu, über die Vor- und Nachteile des Projektes als solchen zu sprechen, aber bezüglich der Fahrbahn bietet es gegenüber den in der allgemeinen Anlage gleichen Projekten grosse Vortheile. In Folge der Vertheilung des Druckes auf grosse Fläche oder, mit anderen Worten, in Folge der Verwendung von Nieder- an Stelle von Hochdruck wird die Einheitsbelastung verhältnissmässig sehr gering und beträgt im Mittel nur  $0,64 \text{ kg/cm}^2$ . Eine Gleitbahn bestehend aus einer geglätteten Betondecke von mässiger Dicke genügt demnach allein, um das Gesamtgewicht aufzunehmen und zu übertragen. Der Verfasser bettet lediglich mit Rücksicht auf die zu erwartende grössere Abnutzung der an den Längsseiten des Dichtungsstulpes liegenden Fahrbahn in diese ein I Eisen ein.

Untersucht man ferner dieses Projekt gerade bezüglich der Lage des Unterhauptes gegenüber dem Unterwasser, so scheint zwar eine Verschiedenheit gegenüber den früher besprochenen Projekten nicht vorhanden zu sein, in Wirklichkeit aber zeigt sich, dass die Nachteile des Eintauchens ins Unterwasser vermindert werden und zu hoffen ist, dass damit sogar eine vollständige Beseitigung der Mängel ermöglicht wird.

Das unter Druck wirkende Grundwasser wird den Beton allerdings auch hier durchfeuchten, aber nachdem die eingebetteten Eisenträger nicht wesentliche Theile der Fahrbahn

bilden, so bleiben hier lediglich die aus der Wirkung des Auftriebs sich ergebenden grossen Dimensionen des Fundamentes als Missstände bestehen.

Nachdem aber der Einfluss des Wassers an sich auf die Betonfahrbahn nicht zu befürchten ist, so kann doch wohl auch der weitere Schritt gemacht werden, das Unterhaupt ohne Thorabschluss herzustellen und die Fahrbahn im Unterhaupt ins Unterwasser selbst zu legen. Damit wäre auch die schädliche Wirkung des Auftriebes beseitigt und zugleich der weitere Vortheil erreicht, die Thore der unteren Haltung gänzlich entbehren zu können. Die bei dem Einfahren des Troges bzw. des Troggerüsts in das Unterwasser entstehende Verminderung der in Richtung der Fahrbahn wirkenden Gewichtskomponente dürfte für die Bewegung Schwierigkeiten nicht bereiten, da dieselbe durch äquivalente Neigung der Gegengewichtsbahn paralytisch werden kann.

Die Betriebsfähigkeit eines solchen Hebwerkes setzt eine vollständig ebene Fahrbahnfläche voraus. Wenn auch zugegeben werden muss, dass diese Aufgabe Schwierigkeiten bietet, so ist die Ausführbarkeit doch nicht in Zweifel zu ziehen.

Das letzte zu besprechende Projekt bildet das in der Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins (Jahrg. 1899) veröffentlichte „Schiffshebwerk ohne Haltungsthore und Schleusen“, System Tentschert-Czischek. Dasselbe ist, wie aus den Plänen ersichtlich, einer Skizze des Schiffshebwerkes bei Ochenbruck und zwar für das gleiche Profil wie für die Querbahn zu Grunde gelegt. Es besteht, um dies ganz kurz anzuführen, in einem Hohlzylinder von 20 m Gesamtdurchmesser, dessen beide Böden eine so grosse Oeffnung besitzen, dass Schiffe bequem aus- und einfahren können, wenn derselbe bis zur halben Höhe in das Wasser eintaucht. Bei der Aufwärtsbewegung bleibt in dem unteren Theile desselben so viel Wasser zurück, dass das Schiff schwimmend mit fortbewegt werden kann.

Die Trommel ruht nach dem Entwurfe auf zwei oder mehr Fahrbahnen mittels Trag-Ringträgern auf und wird auf diesen, ähnlich wie dies beim Transport von Fässern oder Baumstämmen auf geneigten Flächen geschieht, durch Auf- oder Abwicklung von Seilen an dem Trommelumfang bewegt.

Was nun die Konstruktion des Unterbaues bei Annahme nur zweier Fahrbahnen anlangt, so berechnet der Verfasser, dass

der Druck zwischen Trag-Ringträgern und Lauffläche, welche letztere durch 0,50 m breite Gussstahlschienen gebildet werden soll,  $750 \text{ kg/cm}^2$  beträgt und zwar unter der Voraussetzung, dass die Ringfläche in Folge der auftretenden lokalen und allgemeinen Deformation mit einem Streifen von 20 cm Breite aufliegt. Er sagt dann: „Dadurch wird auch die Anordnung von nur 2 Schienengeleisen möglich und da diese 2 Geleise zugleich die Zahnstangen aufnehmen, wird die Bahnanlage sehr einfach.“

Diese Anschauung dürfte vom maschinentechnischen Standpunkte aus einwandfrei sein, der Bauingenieur wird ihr jedoch nicht ohne Weiteres beipflichten können.

Das Gesamtdienstgewicht der Trommel wird zu 3000 t veranschlagt. Die Auflagerfläche der 4 Ringträger sei, wie der Verfasser angiebt,  $4000 \text{ cm}^2$ , der Druck auf die Gussstahlschienen  $750 \text{ kg/cm}^2$ .

Dieser letztere Druck überschreitet bei dem angegebenen Materiale nicht die bewährten Festigkeitsgrenzen.

Wie soll aber dieser Druck auf das Betonfundament und von diesem auf den Untergrund übertragen werden? Der Gesamtdruck beträgt für die Seite 1500 t und vertheilt sich auf eine Schienenfläche von  $0,20 = 1/5 \text{ qm}$ .

Als zulässige Druckbeanspruchung für Beton wird  $10 \text{ kg/cm}^2$  die oberste Grenze bilden. Freilich finden im Brückenbau Beanspruchungen von  $20\text{--}35 \text{ kg/cm}^2$  Anwendung, doch ist zu berücksichtigen, dass Stöße, wie sie bei den Schiffshebewerken in Folge des abnormen, hier völlig concentrirten Gewichtes der Verkehrslast schon bei der geringsten Unebenheit der Fahrbahn auftreten können, bei Brückenbauten nie vorkommen werden, und hier schon in Folge des weit günstigeren Verhältnisses der Masse der Gewölbe gegenüber der Verkehrslast nie so ungünstig wirken können.

Unter der Voraussetzung dieser zulässigen Beanspruchung von  $10 \text{ kg/cm}^2$  wird demnach die nöthige Druckfläche des Betons zur Aufnahme des Gesamtgewichtes  $3000 \text{ t}/100 \text{ t/qm} = 30 \text{ qm}$ , also für 0,2 lfd m einer Fahrbahn  $15 \text{ qm}$  betragen müssen. Auf diese Fläche muss der oben angegebene, auf  $1/5 \text{ qm}$  concentrirte Druck transformirt werden. Hierbei ist noch nicht berücksichtigt, dass bei Anwendung von Zahnstangen zur Erreichung der Parallelführung die dadurch auftretende Schubkraft von  $200\text{--}300 \text{ t}$  pro Fahrbahn gleichfalls auf das Betonfundament übertragen werden müsste.

Es ist ersichtlich, dass damit allein schon ein Problem von überaus komplizierten Verhältnissen zu lösen ist.

Die allgemein übliche Methode der Druck-Uebertragung mittels Quer- und Längsschwellen versagt hier und man findet keine andere Lösung als in der gleichen Weise vorzugehen, wie dies bei der Fundirung der amerikanischen Riesenbauten mittels stapelförmigen Aufbaues von Eisenbahnschienen oder Walzträgern geschieht, welche nach unten hin den Druck auf eine beliebig breite Fläche übertragen können.

Die Dimensionen, welche hierbei das Betonfundament, abgesehen von der für die Druckübertragung auf den Untergrund nöthigen Fundamentverbreiterung, erhalten müsste, betragen bei 4 m Breite eine Länge von gleichfalls 4 m. Ich habe versucht, hierfür eine Skizze zu entwerfen. Hierzu bemerke ich, dass trotz der Anwendung von 7 Schienenlagen von zusammen mehr als 1,0 m Höhe nur eine Beton-Druckfläche von ca. 14 qm sich ergibt. Dabei ist allerdings die nicht gerade ungünstige Annahme gemacht, dass die Druckübertragung unter einer Neigung von 1:1 von einem 0,50 m langen Theil der Laufschiene aus sich fortpflanze.

Auf diese Weise die absolut nothwendige Homogenität und Unnachgiebigkeit der Fahrbahn herzustellen, wird selbst bei Versetzung der Stösse den grössten Schwierigkeiten begegnen; ausserdem erscheint die Konstruktion mit Rücksicht auf die Unterhaltung zu wenig zugänglich.

Aus diesen Gründen ist es daher vor allem nöthig, an Stelle von nur 2 Fahrbahnen deren mehrere anzuordnen, um dadurch eine richtige Grundlage für die Konstruktion der Fundamente und Fahrbahnen zu erhalten. Damit wird zugleich das Gewicht der Trommel sich vermindern, wengleich nicht verkannt werden kann, dass bei Anwendung mehrerer Fahrbahnen in Folge der wohl nie ganz gleich gross herzustellenden Abwälzungsumfänge der Trag-Ringträger Torsionsbeanspruchungen der Trommel auftreten werden, welche kompensirt werden müssen. Um nun auf den wichtigsten Theil — die allgemeine Anlage der Häupter und der Fahrbahn — auch dieses Projektes zu kommen, so muss ich leider mein Urtheil dahin zusammenfassen, dass den Vortheilen ebenso grosse Nachtheile gegenüber stehen.

Beim Unterhaupt treten die gleichen Misslichkeiten auf wie bei den bereits besprochenen Querbahnen, da die Eintauchungs-

tiefe der Trommel von 10 m, welche nöthig ist, damit Schiffe ein- und ausfahren können, eine nicht wesentlich geringere als bei den oben besprochenen Projekten ist.

Dabei liegt die Fahrbahn unter Wasser, was bei der ausserordentlich grossen Beanspruchung derselben mit Rücksicht auf Betrieb und Unterhaltung sehr bedenklich ist. Bietet nun ausserdem die Schiffstrommel den Vortheil einer viel weitgehenderen Anpassungsfähigkeit an gebrochenes Terrain, so wird dieser sofort wieder aufgehoben durch die eigenartige Konstruktion des Oberhauptes, die nicht blos die gleichen Nachteile wie das Unterhaupt aufweist, sondern auch die Ueberwindung einer verlorenen Steigung von mindestens 6—7 m erfordert, wie dies aus der betr. Skizze ersichtlich ist. Ich habe schon oben erwähnt, dass die Konstruktion des Oberhauptes noch bedeutend komplizirter wird, sobald vom Hang aus selbst abgefahren werden soll, anstatt, wie in dem vorliegenden Fall, von einem Plateau.

In der allgemeinen Anlage der Häupter und der Fahrbahn kann also ein Fortschritt gegenüber den zuerst besprochenen Projekten nicht erblickt werden, doch wird diese Konstruktion in bestimmten Fällen in dieser Hinsicht vielleicht zu konkurriren vermögen, vor allem dann, wenn die Anpassung an das Gelände besonders angestrebt werden muss.

Im übrigen ist nur zu wünschen, dass der Entwurf eine weitere Förderung und Vervollkommnung erfährt; denn man kann nicht verkennen, dass demselben eine geniale Idee zu Grunde liegt und dass die Vortheile der direkten Beförderung der Schiffe vom und ins Wasser, sowie die ausserordentliche Anpassungsfähigkeit an das Terrain gerade vom Standpunkte des Bauingenieurs aus hochbedeutsame genannt werden müssen.

Ich schliesse mit dem Wunsche, dass es gelingen möge, im Laufe der Zeit die vom bauingenieur-technischen Standpunkte aus an moderne Schiffshebewerke zu stellenden Anforderungen vollständig zu erfüllen und gebe meiner Ueberzeugung Ausdruck, dass dies auch erreicht werden kann und wird.



Donau-Main-Großschiffahrtsweg.

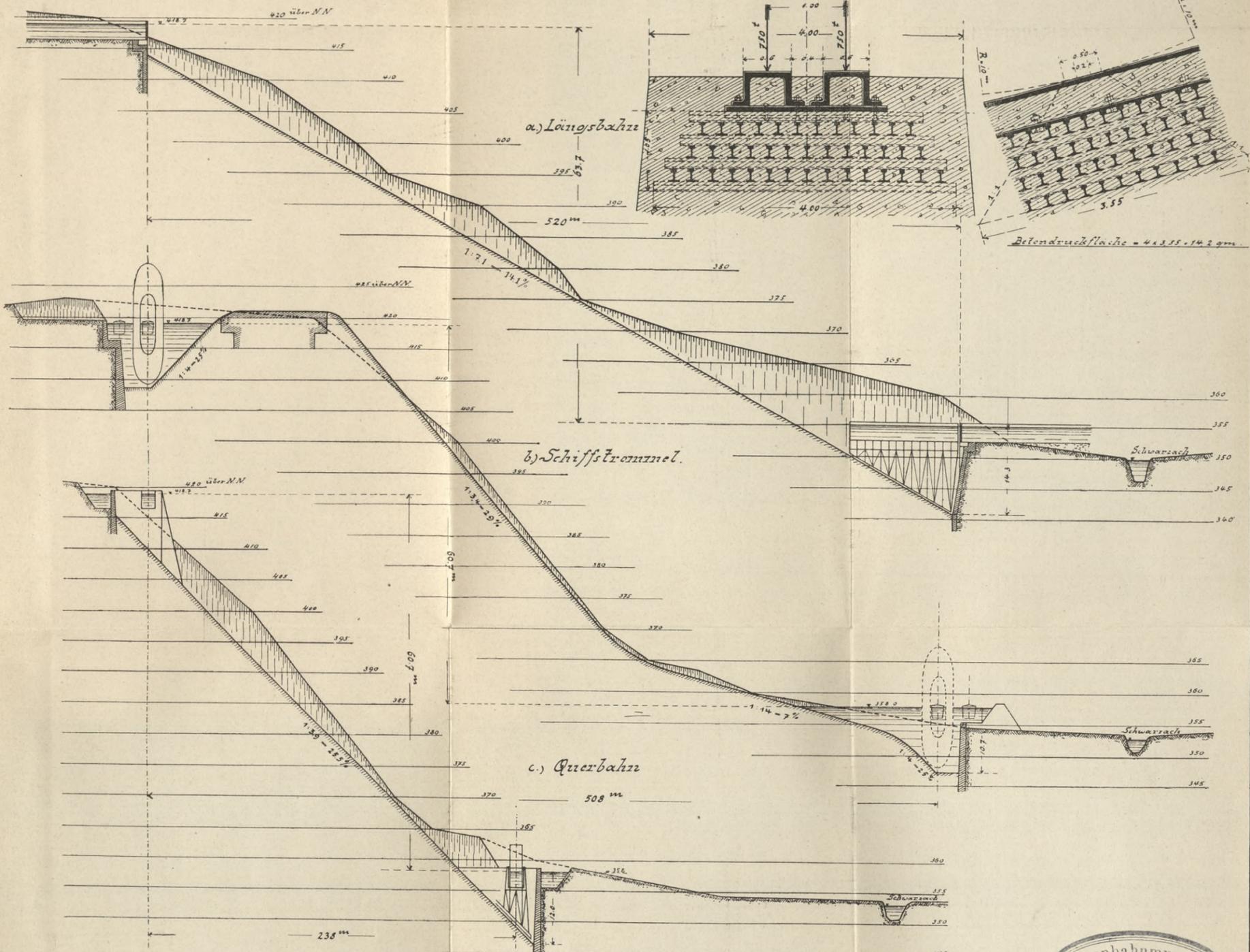
Schiffshebewerk 1/ Ochenbruck.

Längen: 1<sup>000</sup> = 20<sup>m</sup>  
Höhen: 1<sup>000</sup> = 5<sup>m</sup>

Skizze der Schiffstrommel - Fahrbohrz. M. 1/40.

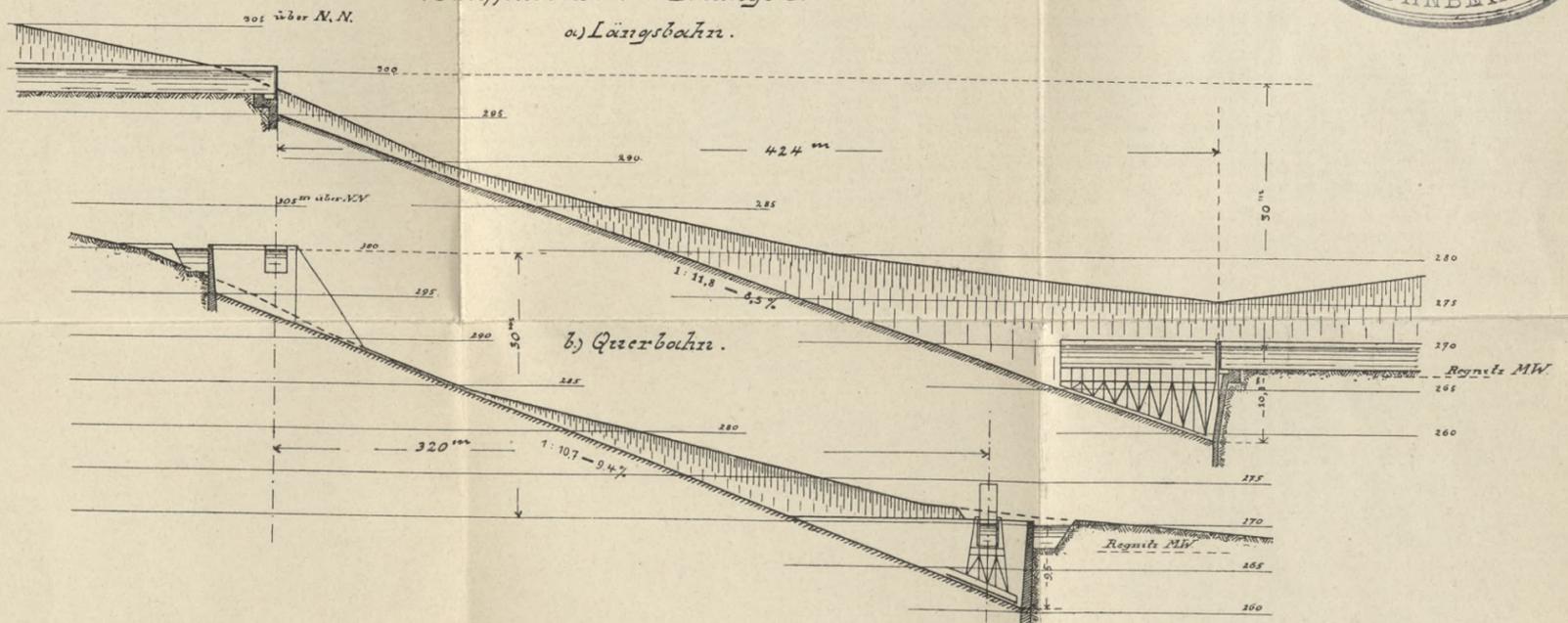
Querschnitt.

Längenschnitt.



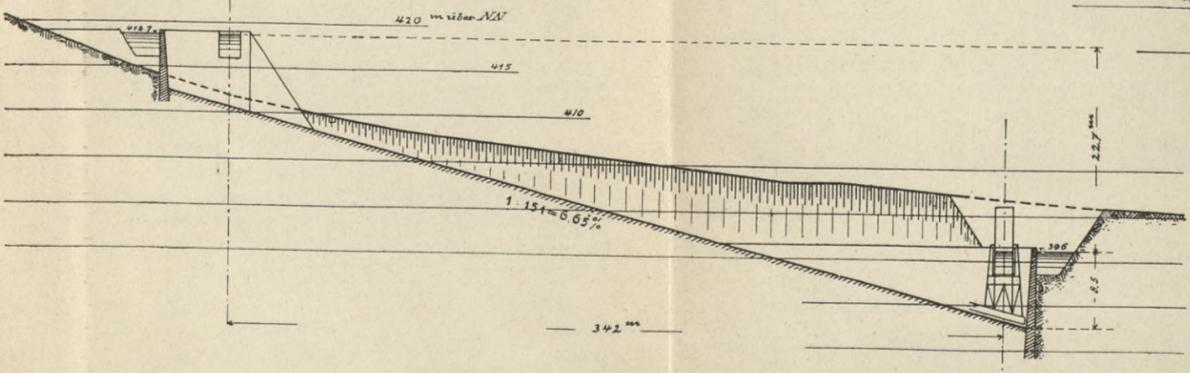
Schiffshebewerk 2/ Erlangen.

a.) Längsbohrz.



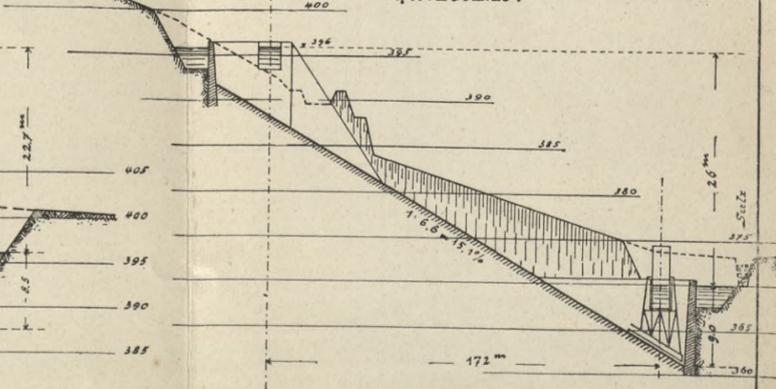
Schiffshebewerk 3/ Weiherndorf.

Querbohrz.



Schiffshebewerk 4/ Beilngries.

Querbohrz.





No. 00

POLITECHNIKA KRAKOWSKA

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-351763

Kdn. 524. 13. IX. 54

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299295