

# Erläuterung,

betreffend

## die Konstruktion und Betriebseinrichtung der Krummesser Schleuse.

Die Krummesser Schleuse hat ein Gefälle von 2,75 m und wie alle übrigen Schleusen des Elbe-Grave-Kanals eine Nutzlänge von 80 m, eine lichte Weite der Kammer von 17 m und eine Thorweite von 12 m bei einer Wassertiefe über dem Drempe! von 2,5 m. Sie ist mit einer Sparkammer gleich der doppelten Schleusenrundfläche ausgerüstet, deren Form und Anordnung aus anliegendem Lageplan Blatt 1 ersichtlich ist. Das Sparquantum beträgt bei jeder Schließung rund 1,0 m Füllhöhe der Schleuse d. i.  $\frac{4}{11}$  des Gesamtfüllquantums der Schleuse von 3850 cbm oder bei 1400 qm lichter Grundfläche der Kammer 1400 cbm. Eine Benutzung der Sparkammer wird nur in trockenen Zeiten stattfinden.

Zur Abführung des Freiwassers aus der Haltung dienen zwei beiderseits auf den Kammermauern gelagerte, genietete und innen mit Cement gepuzte, außen mit Cement gestrichene Freilaufrohre von 1,60 m Lichtweite. Die Mündung dieser Rohre am Unterhaupt ist nach unten gebogen, um die Geschwindigkeit des ausströmenden Wassers im Sturz desselben gegen die Sohle zu brechen. Der Abschluß der Freilaufrohre am Oberhaupt ist durch Drehschützen bewirkt, deren Bewegung zwar langsam, wie es für die Regulirung vollständig ausreicht, erfolgt, deren Konstruktion aber einen sehr dichten Schluß gewährt.

Der Abschluß der Schleusenammer geschieht im Oberhaupt durch ein Klappthor und im Unterhaupt durch ein Stemmthor.

Die Schleusenhäupter und Kammermauern sind je für sich in den Fundamenten rund herum mit Spundwänden eingeschlossen. Die dadurch für sich abgetrennte Sohle des Innenraumes der Kammer ist nicht wasserdicht ausgebaut, sondern, um an Kosten zu sparen, nur mit einer 0,40 m dicken, in der oberen Hälfte durch Einlage eines Drahtnetzes aus 8 mm starkem Drahte mit 33 cm Felderweite verstärkten Betonschicht abgedeckt (Vergl. Zeichnung Blatt 2). Zur Sicherung gegen Aufbruch durch hydrostatischen Unterdruck ist die Sohlenabdeckung, soweit nicht eine dichte Thonschicht vorhanden war, mit einer 30 bis 40 cm starken Kiesschicht unterbettet, in welcher

wiederum etwas tiefer eingeschnitten und mit gröberem Kies gefüllt vier Querrigolen und eine mittlere Längsrigole eingelagert sind, deren Verbindung mit dem Wasserraum der Schleusenkammer durch in der Sohle einbetonirte Drainröhren hergestellt ist.

Der ganze Schleusenkörper ist aus Cementbeton bestehend aus 1 Theil Cement und 6 Theilen Sandkies aufgebaut und in den Außenflächen, soweit ein Schutz erforderlich schien, mit einer 0,25 m starken Verblendung aus Bornholmer Klinkern versehen. Die Kammermauern sind behufs thunlichster Vermeidung von Rißbildungen durch Trennungsfugen von den Häuptern getrennt und diese Fugen durch Einlegen von mit Berg umwickelten, in Sudron und Theer getränkten Bandeisen wieder wasserdicht geschlossen (vergl. Zeichnung Blatt 2). Die zwischen den Trennfugen liegenden Kammermauern haben zur weiteren Sicherung gegen Rißbildung der Länge nach je vier 40 mm starke Rundeiseneinlagen, zwei nahe der Sohle und zwei nahe der Krone, erhalten. Auch in den Häuptern sind an einigen Stellen derartige Einlagen gemacht.

Der wasserdicht ausgebaute Betonboden des Unterhauptes ist zur Aufnahme von Zugspannungen in 0,20 m Höhe unter der Oberfläche durch Einbetonirung von 23 Stück 15 m langen Normaleisenbahnschienen verstärkt; letztere vermitteln auch die Uebertragung der durch die Seitenmauern bewirkten ungleichen Belastung auf den Betonboden und verhindern dadurch Brüche des Betonbettes.

An denjenigen Mauerstellen, die starken Angriffen ausgesetzt sind, wie z. B. in den Umlaufkanälen, den Thorammerböden und den oberen Abdeckschichten (statt Granitplatten) der Mauerkronen ist eine bessere Betonschicht, bestehend aus 1 Theil Cement, 2 Theilen Sand und 3 Theilen Granitsplitter (letztere von ca. Bohnengröße), zur Anwendung gebracht. Die Innenkanten der Mauerkronen sind außerdem mit gußeisernen mit Beton unterstampften Kappen eingefasst, welche an der Vorderseite, zum Schutz der Passanten, einen Wulst erhalten haben.

Das Füllen und Entleeren der Schleusenkammer geschieht in üblicher Weise durch in den Kammermauern angeordnete beiderseitige Umlauf- und Vertheilungskanäle (vergl. Zeichnung Blatt 3).

Zum Abschluß der Umlaufkanäle gegen das Ober- und Unterwasser und gegen die Sperrkammer sind nicht die sonst üblichen Schubschützen, Drehschützen, Cylinderventile etc. gewählt, weil deren Dichtigkeit oft Mängel hat und weil deren Handhabung ohne Maschinenkraft mehr oder weniger umständlich und zeitraubend ist und viel Bedienungsmannschaft erfordert. An Stelle derselben sind vielmehr die dem Wasserbauinspektor Hotopp patentirten Hebereinrichtungen zur Anwendung gekommen, die folgende Ausbildung erhalten haben.

In den Umläufen sind besondere mit der Oberkante bis zum Niveau des Oberwassers aufsteigende Ueberfallrücken eingebaut, über welche das Wasser mittelst darüber gelegter schmiedeeiserner Heberkanäle hinübergeleitet wird. Die eisernen Heberkanäle haben rechteckigen Querschnitt und im Scheitel eine Weite von  $1,10 \times 1,60$  m erhalten; im Innern sind sie gegen Rostbildung durch Cementputz geschützt.

Zur Ingangsetzung der Heber dienen die auf Zeichnung Blatt 4 dargestellten Einrichtungen. Die Saugglocke, ein schmiedeeiserner Cylinder von 8 m Länge und 2 m Weite, ist innerhalb der Schleusenmauer in der Nähe des Unterhauptes (vergl. Zeichnung Blatt 3, Querschnitt aa) in solcher Höhe gelagert, daß ihre Oberkante mit der Höhe des Oberwassers abschneidet. Sie kann daher vermittelt des Rohres  $R_1$  ohne Weiteres vom Oberwasser her gefüllt und durch ein zweites Rohr  $R_2$  in das Unterwasser entleert werden. Beide Rohre können in der aus der Zeichnung ersichtlichen Weise vermittelt zweier zwangsläufig mit einander verbundener Ventile geschlossen, bezw. geöffnet werden. Die Saugglocke ist außerdem durch Rohrleitungen  $r_1$ ,  $r_2$  und  $r_3$  (vergl. Zeichnung Blatt 4 a), welche in einem flußeisernen, im Boden des Oberhauptes einbetonirten Düferrohre von der einen nach der anderen Seite der Schleuse unterführt sind, mit den beiderseitigen Hebern des Ober- und Unterhauptes und mit dem Heber der Sparkammer verbunden. Sämmtliche Verbindungen sind durch einen entsprechenden Schaltapparat A, welcher in einem beim Oberhaupt erbauten Steuerhäuschen untergebracht ist, wechselweise herzustellen und zu unterbrechen. Beim Entleeren der Saugglocke wird in den vom Wasser frei werdenden oberen Raum derselben aus der jeweils verbundenen Hebergruppe Luft übergesogen und dadurch ein Steigen des Wassers in den Heberschenkeln veranlaßt. Sobald das Oberwasser etwas über die Höhe des Ueberfallrückens gestiegen ist, beginnt es über diesen hinweg abzustürzen und die noch im Heber befindliche Luft mit sich fortzureißen. Erfahrungsmäßig ist bereits in einer Minute, vom Beginn der Einstellung des Schaltapparates, die volle Durchströmung der Heber eingetreten. Durch die Wucht des mit einer Geschwindigkeit bis zu 5,0 m i. d. Sek. die Heber durchströmenden Wassers wird aber gleichzeitig die in die Saugglocke übergetretene Luft aus derselben wieder zurückgesogen und mit dem durch die Umläufe strömenden Wasser in die Schleusenkammer bezw. in das Unterwasser gerissen, und die Saugglocke füllt sich sofort vom Unterwasser her von selbst wieder mit Wasser, noch bevor die Durchströmung der Heber ihr Ende erreicht hat. Soll demnächst ein anderes Heberpaar bethätigt, also z. B. nach stattgehabter Entleerung der Schleuse das Füllen derselben eingeleitet werden, so bedarf es nur einer Umschaltung der betreffenden Saugrohrleitungen vermittelt des Schaltapparates A. Ein Füllen der Saugglocke vom Oberwasser aus ist nicht wieder erforderlich, es sei denn, daß nach einer mehrtägigen Betriebspause eine allmähliche Entleerung infolge von Undichtigkeiten stattgefunden hat.

Die Konstruktion und Bewegungseinrichtung der Schleusenthore ist in folgender Weise ausgeführt.

Das Klappthor im Oberhaupt ist in seinem Hauptkörper ein geschlossener Eisenkasten, welcher um eine in der Höhe seiner Unterkante liegende Achse drehbar gelagert und so dimensionirt ist, daß er eben im Wasser schwimmen kann. Ein geringes Uebergewicht bringt ihn zum Untersinken, nach Beseitigung desselben steigt er wieder von selbst empor. Dieser Wechsel wird dadurch erzeugt, daß ein mit dem Thore nahe seiner Oberkante verbundener und zugleich als Thorballen

dienender kleiner Kasten  $k$  wechselweise mit Wasser und Luft gefüllt wird. Die Zuführung der Luft geschieht durch ein in der Seitenmauer untergebrachtes, frei unter dem umgelegten Thor ausmündendes Rohr  $s$ . Die aus demselben austretende Luft fängt sich unter der flach auf dem Thorboden liegenden Thorwand, strömt durch den Kanal  $k$  dem Luftkasten zu, verdrängt aus diesem das Wasser und bewirkt dadurch, wie bemerkt, das Emporsteigen und Schließen des Thores. Sobald die Schleusenkammer entleert ist, entweicht die Luft aus dem Kasten  $k$  durch die untere Mündung des Rohres  $s$  selbstthätig, es kann dann gleichzeitig das Wasser von unten her wieder hineintreten, so daß nach dem Füllen der Schleuse und Auspiegeln des Wasserstandes das Thor sich von selbst niederlegt u. s. w. Zudem die Luft dem unter Wasser liegenden Thore zuströmt, hat sie den widerstehenden Wasserdruck, entsprechend einer Wassersäule gleich der Tauchtiefe des Zuleitungsrohres d. i. ca. 3,30 m, zu überwinden. Damit die Zuleitung der Luft mit der nöthigen Geschwindigkeit vor sich geht, ist außerdem ein gewisser Ueberdruck erforderlich. Der Gesamtüberdruck der zur Bewegung des Thores erforderlichen Luftspannung muß daher etwa gleich 3,7 bis 4,5 m Wassersäule sein.

Zur Erzeugung und Ansammlung der Druckluft dient ein am Oberhaupt in der Seitenmauer in vertikaler Stellung einbetonirter, oben geschlossener, unten offener Eisencylinder  $U$  (vergl. Zeichnung Blatt 3 und 4 a), Druckluftglocke genannt. In denselben taucht vom Oberwasser aus das 0,30 m weite, heberförmig gebogene Rohr  $h$ , mit welchem im Scheitel das 20 mm weite Luftzuführungsrohr  $i$  verbunden ist. Vom Boden der Druckluftglocke aus führt ein Kanal  $m$  zur Schleusenkammer. So lange daher eine Luftansammlung nicht stattgefunden hat, steht das Wasser in der Druckluftglocke und im Rohr  $h$  so hoch wie in der Schleuse. Ist nun letztere gefüllt und beginnt dann die Entleerung, so sinkt das Wasser auch in dem absteigenden Schenkel des Rohres  $h$  herunter, wodurch, wie ersichtlich, vom Oberwasser her Nachströmung von Wasser stattfindet und bald die volle Durchströmung des Rohres  $h$  eintreten muß. Inzwischen ist auch das Wasser in dem Tauchrohre  $u$  soweit herabgesunken, daß die Mündung des Rohres  $i$  frei wird, durch welches nun intensiv Luft eingesogen und mit in die Druckluftglocke gerissen wird. In dem weiten Raum der Druckluftglocke trennen sich Wasser und Luft von einander. Letztere steigt nach oben und fängt sich in der Druckluftglocke, ersteres strömt am Boden derselben durch den Kanal  $m$  der Schleusenkammer zu. In dem Grade, als die Luftansammlung in der Druckluftglocke stattfindet, wird der Wasserpiegel in derselben heruntergedrückt, und das Maß, um welches derselbe hier tiefer liegt als in der Schleusenkammer, stellt die Wassersäule dar, deren Druck die eingeschlossene Luft ausgeübt ist. Bei gefüllter Schleuse und wenn die Druckluftglocke bis zu ihrem unteren Rande mit Luft gefüllt ist, ist dieser Druck gleich 4,25 m Wassersäule, dagegen bei entleerter Schleuse, wie einleuchtet, um das Schlenfengefälle kleiner. Da die Benutzung der Luft zur Bewegung des Klappthores nur bei gefüllter Schleuse stattfindet, so ist die Luft stets mit hinreichendem Ueberdruck vorhanden, so daß sie durch das Rohr  $s$  dem Klappthore zugeführt werden kann.

Es mag indeß schon hier bemerkt werden, daß bei den übrigen Schleusen des Kanals die Druckluft auch, obgleich in anderer Weise, zur Bewegung des Stemmthores, welche bei leerer Schleuse stattfindet, benutzt werden soll, und daß daher auch bei leerer Schleuse die Luft einen Druck von mindestens 1,5 m Wassersäule aufweisen muß. Um dies zu erreichen, ist eine Abänderung der Druckluftglocke ausgeführt, und zwar so, wie sie auf der Zeichnung Blatt 5 dargestellt ist. Dabei steht, wie ersichtlich, die in der Druckluftglocke eingeschlossene Luft immer unter dem Drucke des Oberwassers. Die Durchströmung des Wassers durch die Druckluftglocke und die Ansammlung von Luft in derselben tritt, wie bei der an der Krümmesser Schleuse ausgeführten Anordnung, mit der Entleerung der Schleusenkammer selbstthätig ein, indem das Heberrohr  $h_1$ , in dessen absteigendem Schenkel das Wasser wie in der Schleusenkammer absinkt, von der Druckluftglocke aus in der Richtung zur Schleusenkammer vom Wasser durchströmt wird und durch das Rohr  $h_2$  die Nachströmung vom Oberwasser her und das Mitreißen von Luft durch das Röhrchen  $i$  stattfindet. Sobald die Druckluftglocke mit Luft gefüllt ist, tritt letztere in das Heberrohr  $h_1$  über und unterbricht dadurch die Durchströmung und die weitere Luftansammlung.

Das im Schleusenunterhaupte ausgeführte eiserne Stemmtbor ist als partielles Schwimmthor konstruirt, indem je ein in der Mitte der Flügel zwischen den beiden unteren Riegeln angeordneter Schwimmkasten die Hälfte des Thorgewichtes aufhebt. Die Rücksicht auf eine gute Erhaltung des Anstrichs gestattete bei der vorhandenen inneren Flügelweite nicht die Ausbildung als vollständiges Schwimmthor; auch wurde für einen ruhigen, gleichmäßigen Gang des Thores ein nicht zu geringes Uebergewicht des Thores gegen den Auftrieb als vortheilhaft angesehen.

Die Bewegungseinrichtung für das Stemmtbor, welche bei der Krümmesser Schleuse zur Ausführung gewählt wurde, ist auf Blatt 6 dargestellt. Der unmittelbare Antrieb geschieht in üblicher Weise vermittelt einer Zahnstange mit Getriebe. Mit dem letzteren auf gleicher Welle ist ein Kettenrad befestigt. Eine dasselbe umschlingende Kette trägt an einem Ende einen aus Schmiedeeisen genieteten, in einem Schacht auf und absteigenden Schwimmer S und an ihrem anderen Ende ein Gegengewicht G. Beide Gewichte stehen in solchem Verhältniß zu einander, daß, wenn der Schwimmer zur Hälfte ins Wasser taucht, sie sich das Gleichgewicht halten. Hängt der Schwimmer frei, so zieht er die Kette mit einem Uebergewicht von 665 kg abwärts, taucht er ganz in Wasser ein, so zieht das Gegengewicht die Kette mit einem gleichen Uebergewicht in der entgegengesetzten Richtung vorwärts. Die hin- und hergehende Bewegung der Kette wird dabei vermittelt des Kettenrades in rotirende Bewegung umgesetzt und auf das Getriebe der Zahnstange übertragen. Durch Füllen und Entleeren des Schwimmerschachtes wird also die Thorbewegung herbeigeführt, und zwar öffnet sich das Thor bei steigendem und schließt sich bei sinkendem Schwimmer. Das Füllen des Schwimmerschachtes geschieht vermittelt der Heberrohre  $v_1$  und  $v_2$  von 0,20 m Weite vom Oberwasser oder von der gefüllten Schleuse aus, das Entleeren des

Schwimmerschachtes in die leere Schleuse findet durch das Heberrohr  $v_2$  statt. Das Ansaugen der Heberrohre  $v_1$  und  $v_2$  des Heberrohres erfolgt durch die oben genannte Saugglocke von demselben Steuerhäuschen aus, in welchem der Schaltapparat für das Füllen und das Entleeren der Schleusenkammer untergebracht ist.

Die hier beschriebene Bewegungseinrichtung der Stemmtore ist in Anlehnung an den üblichen Antrieb mittelst Zahnstange und Getriebe entstanden. Eine Vereinfachung derselben läßt sich dadurch erreichen, daß die in der Kette vorhandene hin- und hergehende Bewegung direkt auf die gleichfalls hin- und hergehende Antriebsstange, welche alsdann keiner Verzahnung bedarf, übertragen wird. In dieser auf Blatt 7 dargestellten Weise werden die Bewegungseinrichtungen der Stemmtore der übrigen sechs Schleusen des Elbe-Trave-Kanals ausgeführt.

An weiteren Aenderungen der Betriebseinrichtungen für die übrigen Schleusen sind die folgenden erwähnenswerth. Das Gegengewicht  $G$  wird in der Thornische untergebracht. Der Schwimmer wird als unten offene, gußeiserne Glocke ausgebildet, die wechselweise mit Luft von der Druckluftglocke her und mit Wasser gefüllt und dadurch zum Auf- und Absteigen in dem konstant mit Wasser gefüllten Schachte  $S$  gebracht werden kann. Die dabei in beiden Richtungen direkt auf die Schubstange ausgeübte Kraft ist gleich durchschnittlich 665 kg. Bei der Krummesser Schleuse wird die an der Zahnstange angreifende Zugkraft der Gewichte im Verhältniß der Naddurchmesser ohne Rücksicht auf Reibung auf die Hälfte herabgemindert. Die Zuleitung von Luft zu der Schwimmglocke erfolgt von der oben beschriebenen Druckluftglocke aus durch je eine auf jeder Schleusenseite gelegte Rohrleitung, welche mit dem auf- und absteigenden Schwimmer durch einen geeigneten Schlauch in Verbindung steht. Die Ein- und Ausschaltung der Rohrleitungen wird ebenfalls vom Steuerhäuschen aus beschafft. Bei aufsteigendem, also mit Luft gefülltem Schwimmer schließt sich das Thor. Sobald dasselbe durch den Gegendruck des in der Schleusenkammer ansteigenden Wassers festgehalten wird, läßt der Wärter im Steuerhäuschen die Luft aus dem Schwimmer wieder entweichen. Letzterer füllt sich dann wieder mit Wasser und steht selbstthätig bereit, das Thor nach wiederum erfolgter Entleerung der Schleusenkammer ohne weiteres Zutun zu öffnen.

Die Baukosten der Krummesser Schleuse betragen rund 396 000 Mark. Hiervon entfallen auf die Einrichtung der vier Umlaufheber, des Sparkammerhebers, der Saugglocke, der Druckluftglocke, der Klappthor- und Stemmtorbewegung, des Schaltapparates und allen Zubehörs nebst Rohrleitungen und Düferrohr rund 37 000 Mark, auf das kleine Steuerhäuschen rund 1600 Mark und auf das Klappthor und die Stemmtore rund 22 000 Mark. Bei den Schleusen ohne Sparkammer und ohne Düfer vermindern sich die Kosten für Heber, Saugglocke zc. von 37 000 Mark auf 22 000 Mark.

Die vorstehend beschriebenen Schleuseneinrichtungen sind aus der den Technikern gestellten Aufgabe hervorgegangen, mit den für den Bau des Elbe-Trave-Kanals zur Verfügung stehenden gering bemessenen Baugeldern möglichst große Leistungsfähigkeit und möglichst geringe Betriebskosten des Kanals zu erzielen. Mit Hilfe der getroffenen Schleusen-Anordnungen ist ein Mann im Stande, die Schleuse ohne wesentlichen Kraftaufwand von einem Punkte, dem am Oberhaupt der Schleuse belegenen Steuerhause aus, voll und ganz zu bedienen. Der für das Füllen und Entleeren der Krummstiel-Schleuse erforderliche Zeitaufwand hat sich wie folgt herausgestellt.

Ohne Benutzung der Sparkammer erfordert eine Schleusenfüllung:

Schließen des Stemnthores .....	1,0 Minuten,
Füllen der Schleuse .....	7,0     =
Öffnen des Klappthores.....	1,0     =
	-----
	zusammen..... 9,0 Minuten.

Die gleiche Zeit wird für das Entleeren der Schleuse verwandt. Beim Betriebe mit Benutzung der Sparkammer erhöht sich die Zeitdauer für das Füllen bzw. Entleeren der Schleuse von 7 auf 10 Minuten.

Zm Ganzen sind also für eine Schleusung ausschließlich Ein- und Ausbringen der Schiffe ohne Benutzung der Sparkammer ..... 9 Minuten,  
mit Benutzung der Sparkammer..... 12 Minuten

erforderlich.

Lübeck, im November 1898.

**Der Wasserbandirektor.**

*Rehder.*

**Der Wasserbauinspektor.**

*Hotopp.*