

Über die Anlage von Flößungskanälen bei
geringem Speisungsgebiet und ihr Einfluß
auf die Rentabilität unserer Forste.

Vortrag

von Ingenieur W. v. Kreißler.



21
72

Appem. inv. 2443.

Sonderabdruck aus der Baltischen Wochenschrift für Landwirtschaft, Gewerbe und Handel, Organ des Estländischen Landw. Vereins, der Kurländischen Ökonomischen Gesellschaft und der Kaiserlichen, Livländischen Gemeinnützigen und Ökonomischen Sozietät, Nr. 17, 1913.



Über die Anlage von Flößungskanälen bei geringem Speisungsgebiet und ihr Einfluß auf die Rentabilität unserer Forste.

Vorgetragen auf der Sitzung der Kaiserl. Livl. Gem. u. Ökonom. Sozietät am 25. Januar 1913 von Ingenieur W. v. Kreißler.

Die nähere Betrachtung der Rentabilitätsfrage mancher Forste im Baltikum führt zum Schlusse, daß die Bruttoerträge pro Flächeneinheit den Marktpreisen für Bau- und Brennholz absolut nicht entsprechen. Dieses Mißverhältnis tritt besonders scharf hervor, wenn man über solche Preisangaben für eine Reihe von Jahren verfügt; es stellt sich da heraus, daß eine fast konstante Steigerung der Marktpreise im Laufe der letzten Jahre auf die Hebung der Revenuen unserer Forste fast keinen Einfluß ausgeübt hat.

Als Hauptursachen eines solchen Mißverhältnisses mögen unter vielen anderen folgende zwei besonders hervorgehoben werden — namentlich weil sie sich verhältnismäßig leicht ausschalten lassen:

- 1) Ein beständiges Umsichgreifen der Versumpfung unserer Forste;
- 2) die große Entfernung der meisten Forste vom Markte oder von flößbaren Flüssen, welche die sehr kostspielige Anfuhr des Holzes per Achse oft auf großen Strecken zur Folge hat.

Der Grad der Versumpfung der Forste im Baltikum und zum größten Teil auch in den meisten Waldgebieten des Reiches ist ein sehr hoher. Fast überall findet ein

beständiges Umsichgreifen des Sphagnums statt, welches ringförmig von älteren Mooren ausgehend, immer neue Baumbestände einkreist. Bodenuntersuchungen und Sondierungen ergaben in den meisten Fällen, daß viele momentan versumpfte und stark vermooste Flächen, — in nicht zu fern liegender Vergangenheit — gute Bestände aufwiesen.

Hand in Hand mit einer allmählichen Versumpfung durch das Anwachsen der Hochmoore geht ein Versumpfen entfernterer Gebiete durch Hebung des Grundwasserstandes. Ein hoher Grundwasserstand übt selbstverständlich nachteilige Einflüsse auf den Baumbestand aus und fördert: Windbruch, Fäulnis und andere Krankheiten, als auch Auswintern junger Bestände und überhaupt schwaches Gedeihen derselben.

So liegen die Verhältnisse in den meisten Forsten im Baltikum. Die Versumpfung ist eine relativ hohe — und fast ohne Ausnahme sind die Maßregeln die bisher zu ihrer Hemmung ergriffen worden zu ungenügend — da sie zu wenig radikal durchgeführt worden sind.

Als zweiter hemmender Faktor einer Revenuensteigerung war genannt — die große Entfernung vom Markt. Die Holzausfuhr aus den Forsten ist in vielen Fällen mit einem Transport per Achse auf 20—30 Werst bis zu flößbaren Flüssen verknüpft — und stellt sich allein schon für einen Balken mittlerer Dimensionen auf 15—16 Kop. pro Werst, welche Preise einer steten Steigerung unterliegen. Selbstverständlich rentiert sich eine solche kostspielige Anfuhr per Achse nur noch bei wertvollerem Holzmaterial und auch nur bei Entfernungen von 15—20 Werst. Minderwertigere Holzarten werden von den Händlern fast immer zur Deckung der Ausfuhrkosten hergegeben und daher nur gering bewertet. Zieht man noch in Betracht die in den letzten Jahren fast zur Regel gewordene Wegelosigkeit infolge Schnee- und Frostmangels, so läßt sich leicht die Konsequenz ziehen, daß ungeachtet einer stetigen Preissteigerung auf dem Holzmarkte im Laufe der letzten Jahre, die Rentabilität unserer Forste bald zurückgehen wird — falls nicht rechtzeitig Gegenmaßregeln ergriffen werden.

Gegen die Versumpfung müßten Entwässerungsneze angelegt werden. Bei günstigen Terrain- und anderen Verhältnissen könnten die Hauptentwässerungskanäle zugleich

zu Flößungszwecken genutzt werden und dadurch einer rationellen Forstwirtschaft förderlich sein. In den meisten Fällen haben solche Kanäle jedoch nicht den entsprechenden Querschnitt oder weisen nicht die erforderliche Wassermenge und nötigen Wasserstand auf um größere Holzmassen fördern zu können. Außerdem besteht ihr Nachteil darin, daß sie — ständig wasserführend — im Winter meist zufrieren und im Frühjahr später aufgehen, als die Flüsse und Bäche, in welche sie münden. Bei einer Flößung auf ihnen würde das Holz also mit Verspätung in die natürlichen Wasserläufe gelangen und eventuell das Hochwasser in denselben nicht mehr erreichen.

Auch im günstigsten Falle könnte daher eine wilde Flößung auf solchen Kanälen wohl kaum möglich sein besonders nicht in größerem Umfange, da die Wassergeschwindigkeit hier gegen 0·20—0·30 Faden in der Sekunde beträgt; es müßte daher das Holz in gebundenen Flößen von Pferden gezogen werden. Ein solcher Transport würde auch nicht sehr teuer sein, da ein Pferd c. 18 Kub.-Faden mit einer Geschwindigkeit von 4 Werst pro Stunde zu fördern imstande ist.

Im Sommer 1912 wurden meinerseits diesbezügliche Versuche angestellt. Die rationellste Länge eines solchen 18 Kub.-Faden fassenden Floßes ist 60 Faden bei 1 Faden Breite. Zur Bedienung sind erforderlich 2 Arbeiter und ein Pferd; die größte Schwierigkeit beim Transport besteht darin, daß das Floß in den Kurven ans Ufer gedrängt wird und in event. zufälligen Hindernissen.

Solch eine Flößung ist natürlich nur möglich bei absolut entsprechenden Dimensionen der Kanäle; als praktisch rentabelstes Minimum ergaben sich: 1 Faden Sohlenbreite bei 0·50 Faden Tiefe und einer der Bodenart entsprechenden Böschung. Bei solchen Dimensionen können Flöße von 1 Faden Breite, bei 0·30—0·35 Fad. Tiefgang (entsprechend 2 übereinander gebundenen Balkenreihen) ohne Schwierigkeiten transportiert werden.

Kanäle von solchen Dimensionen würden, entsprechend unseren Terrain-Verhältnissen, ein Wasserquantum von 1·6—2·5 Kub.-Meter pro Sekunde erfordern, und würden einigermaßen vollkommen der Flößung dienen bei einem Speisungsgebiet von 60—70 □=Werst, und auch dann nur im Unterlauf. Auf diese Art genutzt könnten sie

kaum irgend welchen praktischen Wert haben — trotz des fast allgemeinen Wasserreichtums unserer Forste. — Zur Schaffung billiger Wasserwege bedarf es daher noch der Lösung der Frage der Wasserzufuhr und des Wasserverbrauches — welche im folgenden näher erörtert werden soll.

Die Frage würde verhältnismäßig einfach gelöst sein, wenn man das Prinzip der Schleusenkanäle anwenden würde, d. h. einzelne Kanaltrecken fast horizontal oder mit minimalem Gefälle anlegen, und benachbarte, in verschiedenem Niveau übereinander liegende Distrikte durch speziell konstruierte, technisch und ökonomisch rationelle, Vorrichtungen verbinden würde. Ein derart angelegter Kanal würde ohne eigenen konstanten Wasserverbrauch funktionieren und nur einer Wassermenge zur Deckung des Quantums beim Passieren der Flöße aus dem oberen Niveau in das untere, plus Verdunstungs- und Versickerungsmenge — bedürfen.

Eine Lösung in diesem Sinne führte ich in einem 1911 ausgearbeitetem Projekte durch, welches dem Ministerium zur Begutachtung vorgestellt wurde. Da dasselbe den technischen Forderungen gerecht wurde, dabei sich auch nicht zu teuer stellte, jedoch als etwas ganz Neues noch nirgends praktisch nachgeprüft werden konnte, sah sich das Ministerium veranlaßt die Ausführung einer Probe-Anlage vorzunehmen, mit deren Bau im Herbst 1911 begonnen wurde. Als Bauort wurde gewählt die Mündung der Lauge, eines Nebenflusses der Düna, oberhalb Friedrichstadt in Kurland.

Die Anlage wurde gemacht für einen Niveauunterschied des Ober- und Unterwassers von 3 Faden, sie wurde zum Herbst 1912 fertiggestellt und sodann von einer besonderen Kommission geprüft und für absolut zweckentsprechend anerkannt.

Das Prinzip der Anlage, welche analog der Kammer-Schleuse — Fall- oder Gleitschleuse (спускной шлюзь) benannt wurde, besteht im Wesentlichen in folgendem:

Ein kleiner Teil des Flößungskanals wird isoliert und dient als Reservoir zur Speisung einer Rinne, mit bedeutendem Gefälle, welche das obere Niveau mit dem unterem verbindet. Die Dimensionen und das Gefälle des Reservoirs, wie auch der Rinne wurde derart gewählt,

daß in letzterer im Laufe eines bestimmten Zeitraumes ein zum Passieren der Flöße genügender Wasserstand vorhanden ist. Zur Verminderung der Wassergeschwindigkeit in der Rinne wurden spezielle Vorkehrungen getroffen.

Aus der beigelegter Zeichnung ist zu ersehen, daß der Flößungskanal — entweder horizontal oder mit sehr geringem Gefälle angelegt — in ein Reservoir — die sogenannte Kammer — von 71 Faden Länge und 4 Faden Sohlenbreite ausmündet. Die Kammer hat ein relatives Gefälle von 0.0005, um dem ausströmenden Wasser eine Anfangsgeschwindigkeit zu geben und dadurch an Stauhöhe H zu sparen (bei B). Die Böschungen sind aus natürlichem Erdreich und in 1 : 1½ ausgehoben worden. Die Kammer wird vom Kanal durch Sperrvorrichtung A von der Rinne durch B abgetrennt. A besteht, wie aus der Zeichnung hervorgeht, aus einem Schleusentor; B aus einer Schütze von 1½ Faden Breite, drehbar um eine horizontale Achse, welche an der Überfallschwelle befestigt ist. Die Konstruktion der Fallschütze ist in der Zeichnung erläutert. Der Fallverschluß B trennt die Kammer von der Rinne, welche eine Breite von 1.25 Faden und ein relatives Gefälle von 0.03 hat. Die Rinne hat lotrechte Seitenwände, welche durch eine Spundwand oder durch Mauerwerk eingefast sind; die Sohle ist zur Verhütung von Ausspülungen mit großen Steinen gepflastert (Rationeller ist es auch die Sohle aus Mauerwerk herzustellen). Zur Verminderung der Geschwindigkeit des abströmenden Wassers ist folgende Maßregel getroffen worden: quer zur Längsachse der Rinne sind im Abstand von 2 Faden Strauchbarrieren aus zusammengebundenen Weidenruten angebracht worden. Die Strauchbarrieren haben eine Höhe von 0.25 Faden und stellen dem abströmenden Wasser ein großes Hindernis in den Weg, dabei die Flöße nicht aufhaltend, durch welche sie nur leicht zur Sohle angedrückt werden.

Zum Herablassen der Flöße aus dem oberen Kanal in den unteren werden dieselben in Partien in die Kammer geleitet und letztere dann durch Sperrvorrichtung A vom Kanal isoliert. Daraufhin wird die Schütze B geöffnet und zugleich mit dem Wasser gleiten die Flöße durch die Rinne in den unteren Kanal.

Befinden sich in der Kammer 2—3 Reihen Flöße, so müssen die II und III Reihe nach Passieren der I zum Fallwehr B durch einen oder zwei Arbeiter herangezogen werden. Bei Einführung von 3 Floßreihen in die Kammer (beim Versuch im Herbst 1912 wurden auf ein Mal 24 Kub. Faden befördert) werden alle Manipulationen durch 4 Arbeiter ausgeführt. Nach Passieren der Flöße wird die Schütze B mittels Winde geschlossen, A wiederum geöffnet, die Kammer gefüllt und die nächste Floßpartie eingeführt.

Um die Wirksamkeit der Kammer nachzuweisen, ist es erforderlich zu berechnen, nach Verlauf welches Zeitraumes die Stauhöhe H bei B von 0.75 Faden auf 0.35 fällt, bei welcher ein Passieren der Flöße, deren Tiefgang 0.30 bis 0.35, noch möglich ist — und ob dieser Zeitraum genügend ist, um alle eingeführten Floßpartien passieren zu lassen.

Zweitens ist eine Nachprüfung des Wasserstandes in der Rinne beim Variieren der Stauhöhe H zwischen 0.75 und 0.35 Faden erforderlich.

Bei den angenommenen Dimensionen der Kammer beträgt die freie Wasserfläche des Bassins bei $H = 0.75$ Faden.

$\Omega = (6 + 3 H) \cdot 50 = 300 + 150 H$ oder $= w + b \cdot H$
wobei angenommen $w = 300$ und $b = 150$ Faden.

Beim öffnen der Schleuse B findet ein Abströmen des Wassers durch ein Wehr mit breiter Krone statt; das Wasserquantum kann mit genügender Genauigkeit nach „Bresch“ berechnet werden:

$$Q = \mu \cdot a \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}; \text{ wobei } \mu = 0.35.$$

Im Laufe eines Zeitraumes dt fällt der Wasserspiegel, was seinerseits eine Verminderung der Stauhöhe um dH zur Folge hat. Also ist:

$$- \Omega dH = Q \cdot dt = \mu \cdot a \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2} dt, \text{ oder}$$

$$dt = \frac{- \Omega dH}{\mu \cdot a \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}} = - \frac{(w + b \cdot H) \cdot dH}{\mu \cdot a \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}}$$

beim Variieren der Stauhöhe zwischen H_0 und H ergibt sich:

$$t = - A \int_H^{H_0} \frac{dH}{H^{3/2}} + B \cdot \int_H^{H_0} \frac{dH}{H^{1/2}};$$

$$\text{wo } A = \frac{w}{\mu. a. \sqrt{2g}} \text{ und } B = \frac{b}{\mu. a. \sqrt{2g}}$$

$$\text{folglich: } t = - 2 A. \left(\frac{1}{\sqrt{H}} \right)_H^{H_0} + 2 B. \left(\sqrt{H} \right)_H^{H_0}$$

oder nach Einschalten der Grenzwerte H_0 und H :

$$t = 2 A. \left[\frac{1}{\sqrt{H}} - \frac{1}{\sqrt{H_0}} \right] + 2 B. \left[\sqrt{H_0} - \sqrt{H} \right]$$

bei $H_0 = 0.75$ und $H = 0.35$ berechnet sich dann

$$t = 2 A. \left[\frac{1}{\sqrt{0.35}} - \frac{1}{\sqrt{0.75}} \right] + 2 B. \left[\sqrt{0.75} - \sqrt{0.35} \right];$$

$$A = \frac{300}{0.35 \times 1.50 \times \sqrt{2g}} = \frac{300}{1.59} \cong 188.68.$$

$$B = \frac{150}{1.59} = 94.34;$$

$$t = 2 \times 188.68 \times 0.53 + 2 \times 94.34 \times 0.27 = 250.94 \text{ Sek.}$$

Befinden sich in der Kammer 2 Reihen Flöße umfassend 36 Kub.-Faden, so beträgt ihre Gesamtlänge ca 120 lfd. Faden, und die Geschwindigkeit mit welcher sie das Wehr passieren müßte, beträgt:

$$v = \frac{120}{251} \cong 0.48 \text{ Faden in der Sekunde,}$$

was etwa $3\frac{1}{3}$ Werst pro Stunde ausmacht. In Anbetracht dessen, daß die einzelnen Floßglieder miteinander verbunden sind, erhöht sich die Geschwindigkeit des Floßes sofort nach Eintreten des ersten Gliedes in die Rinne, da die letzten Glieder von den ersten nachgezogen werden, und die Geschwindigkeit erreicht de facto 5—6 Werst pro Stunde.

Der so nachgeprüfte Zeitraum ist daher vollkommen genügend um alle Manipulationen mit den Flößen auszuführen.

Zwecks Nachprüfung der Wassertiefe in der Rinne sind 2 Momente gewählt worden, entsprechend der Stauhöhe $H = 0.75$ und $H = 0.35$ Faden. Bei $H = 0.75$ Faden beträgt der Wasserverbrauch in der Kammer:

$$Q = \mu. a. \sqrt{2g} H^{3/2} = 0.35 \times 1.50 \times 3.03 \times 0.649 = 1.03 \text{ Kub.-Faden pro Sekunde.}$$

Wie oben erwähnt hat die Rinne eine Sohlenbreite $b = 1.25$ Faden, senkrechte Wände und ein Gefälle $i = 0.03$.

Bei Annahme eines Wasserstandes bis zur Höhe 0.40 Faden ergeben sich:

$$F = 1.25 \times 0.40 = 0.50 \text{ □ Faden}; P = 1.25 + 0.80 = 2.05 \text{ Faden}; R = \frac{F}{P} = \frac{0.50}{2.05} = 0.24 \text{ Faden.}$$

In Anbetracht dessen, daß der Einfluß der Strauchbarrieren auf eine Verminderung der Wassergeschwindigkeit nirgends nachgeprüft worden ist, ist in der Gauguillet-Rutter'schen Formel der Quotient $n = 0.025$ angenommen worden, statt $n = 0.02$, welcher am Platze wäre, wenn obige Hindernisse nicht bestehen würden. (vide „Движение воды въ орисительныхъ каналахъ“ — Инж. Флинна): Daraufhin wird

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1.4607 + 23 \times \frac{1}{n}} = \frac{23 + 40}{1.4607 + 23 \times 0.051} = \frac{63}{2.63} = 23.91;$$

$v = 23.91 \times \sqrt{0.24 \times 0.03} \cong 20.1$ Faden i. d. Sekunde; und $Q = 0.50 \times 2.01 \cong 1$ Kub.-Faden in der Sekunde.

Bei einer Stauhöhe $H = 0.35$ Faden würde sich für die Rinne ein Wasserstand von 0.20 Faden ergeben, d. h. die Flöße könnten dieselbe nicht mehr passieren.

Die Nachprüfung in der Praxis beim Probeflößen im Herbst 1912 ergab jedoch, daß alle oben rechnerisch ermittelten Werte zu stark vermindert worden sind und daß der Wasserstand in der Rinne ein wesentlich höherer ist.

Der Einfluß der Strauchhindernisse ist ein so großer, daß die mittlere Geschwindigkeit des abströmenden Wassers 0.80 Faden in der Sekunde nicht übersteigt (gleich der konstatierten Geschwindigkeit der hinabgleitenden Flöße). — Der Rückstau des Wassers in der Rinne vermindert sehr stark die Geschwindigkeit des aus der Kammer ausströmenden Wassers und vergrößert dadurch den Zeitpunkt zwischen Abfallen der Stauhöhe von 0.75 auf 0.35 .

Beobachtungen ergaben eine Abströmungsdauer des Wassers aus der Kammer von $H = 0.75$ bis $H = 0.35$ — von 7 Minuten, wobei der Wasserstand in der Rinne in 20 Faden Abstand vom Wehr noch 0.32 Faden betrug. Der Wasserstand in der Rinne wurde zwischen den Strauchbarrieren gemessen, wo er niedriger ist als über den letzteren; dadurch wurde es auch nur möglich 6 Minuten nach Öffnen der Schleuse noch ein Floß von 0.35 Faden Tiefgang passieren zu lassen. Die Wassermessungen in der Kammer und in einer Entfernung von 20 Faden vom Wehr in der Rinne ergaben folgendes:

Zeitpunkt nach Öffnen des Wehres in Minuten	Wasserstand in der Kammer in Faden	Wasserstand in der Rinne in Faden
0	0.75	0
1	0.70	0.50
2	0.64	0.45
3	0.58	0.42
4	0.52	0.39
5	0.47	0.36
6	0.42	0.34
7	0.37	0.32
8	0.33	0.31



Aus dieser Tabelle ergibt sich, daß mit Abnahme des Wasserstandes in der Rinne auch die Differenz zwischen Wasser in der Rinne und Wasser in der Kammer abnimmt, was hauptsächlich auf intensiveres Wirken der Barrieren (von 0.25 Höhe) bei niederem Wasserstand zurückzuführen ist, wo sie prozentual einen größeren Wasserquerschnitt einnehmen.

Bei größerer Höhe der Strauchbarrieren dürfte das Abströmen des Wassers für die Flößung noch günstiger sich gestalten.

Ein totales Entleeren der Kammer erfordert c. 20 Min.; jedoch kann das Fallwehr schon viel früher geschlossen werden, wodurch an Wasser gespart wird. Ein totales Entleeren erfordert ca 267 Kub.-Faden Wasser.

Die Sperrvorrichtung zwischen Kammer und Rinne besteht aus einem Falltor, drehbar um eine wagerechte Achse,

welche an der Schleusenschwelle befestigt ist. Zur Annulierung der sehr bedeutenden lebendigen Kraft, welche beim Fallen des Tores entwickelt wird und auf die ganze Konstruktion zerstörend wirken könnte, ist eine im folgenden näher beschriebene Bremsvorrichtung angebracht worden.

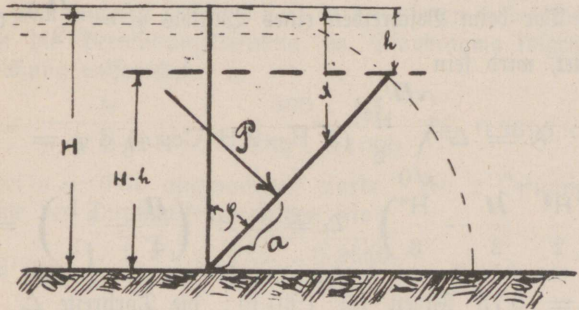
Der obere Teil des Torrahmens (vide Zeichnung) schließt mit einem „U“ Eisen ab; die Seitenenden des letzteren ragen über der Torfläche hervor und gleiten beim Herabfallen des Tores längs zwei an den Seitenwänden angebrachten Schwengeln. Die Schwengel sind im Teile a b im Birkel gleichen Halbmessers mit der Trajektorie der fallenden Pforte zugeschnitten worden. Der obere Teil des Halbschwengels a—b weist eine schärfere Kurve auf, um beim Herabfallen des Tores jeglichen Stoß zu vermeiden. Unterhalb „b“ verläuft der Schwengel gradlinig in der Richtung der Tangente zur Kurve bei b.

Der obere Teil des Schwengels ist durch Gelenke mit einem Kolbenstock verbunden, welcher sich in einem Zylinder mit 2 Abteilungen bewegen kann. Die untere Abteilung des Zylinders hat eine Höhe gleich dem Kolbengang, welcher wiederum der Bahn entspricht, welche der untere Punkt „c“ des Schwengels beschreibt beim Herabfallen des Tores, von welchem er zur Torachse herangedrückt wird.

Beim Fallen des Tores dreht sich der Schwengel um eine feste Achse bei b, welche im Seitenmauerwerk befestigt ist. Erreicht die Unterkante des U Eisens beim Fallen Punkt b, so muß sie beim Weitergleiten den unteren Teil des Schwengels zur Torachse herabdrücken und dadurch Punkt a und mit ihm Kolbenstange und Kolben aus dem festliegenden Zylinder herausziehen. Die Arbeit, welche hierbei verrichtet wird, besteht im Herausdrängen der gesamten im unteren Zylinderraum befindlichen Wassermenge in den oberen Teil durch eine besondere, genau berechnete Öffnung im Diaphragma zwischen beiden letzteren. Entspricht diese Arbeit genau der, welche das Tor beim Fallen, auf Hebel b—c wirkend leistet, so muß das Falltor bei c mit einer Geschwindigkeit gleich Null anlangen — somit jeder Stoß oder Anprall vermieden werden. Die Arbeit äußerer Kräfte auf einen um eine Achse drehbaren Körper wird ausgedrückt durch:

$$A = \int M. d \varphi.$$

wobei M — das Moment der äußeren Kräfte bezogen auf die Drehachse ist.



Beim Drehen des Sektors um einen

Winkel φ ergibt sich: $H-h = H \cos \varphi$; $\cos \varphi = \frac{H-h}{H}$

Der Druck auf ein Flächenelement $\frac{dx}{\cos \varphi}$ wird sein:

$p = \Delta \frac{x dx}{\cos \varphi}$; der Hebelarm dieser Kraft $= \frac{H-x}{\cos \varphi}$

Das Drehmoment:

$$P. a = \Delta \int_{x=h}^{x=H} \frac{x. dx}{\cos \varphi} \times \frac{H-x}{\cos \varphi} =$$

$$\frac{\Delta}{\cos^2 \varphi} \int_{x=h}^{x=H} X. (H | x) . dx . =$$

$$\frac{\Delta}{\cos^2 \varphi} \left[\frac{x^2 . H}{2} - \frac{x^3}{3} \right]_{x=h}^{x=H} =$$

$$\frac{\Delta}{\cos^2 \varphi} \left[\frac{H^3}{2} - \frac{H^3}{3} - \frac{H . h^2}{2} + \frac{h^3}{3} \right] =$$

$$\frac{\Delta . (H-h)^2 . (H + 2h)}{b . \cos^2 \varphi} ; \text{ oder bei } \frac{H-h}{H} = \cos \varphi ;$$

$$P \cdot a = \frac{H^2 (H + 2h)}{b} \cdot \Delta, \text{ oder nach Einschalten von } h = H \cdot (1 - \text{Cos } \varphi).$$

$$P \cdot a = \frac{\Delta \cdot H^2}{b} (3H - 2H \text{ Cos } \varphi); \text{ die Arbeit, welche}$$

das Tor beim Beschreiben eines Winkels $\varphi = \frac{\Pi}{2}$ verrichtet, wird sein

$$A = \Delta \int_0^{\Pi/2} \frac{H^2}{b} (3H - 2H \text{ Cos } \varphi) d\varphi = \left(\frac{H^3}{2} \cdot \frac{\Pi}{2} - \frac{H^3}{3} \right) \cdot \Delta = \Delta H^3 \left(\frac{\Pi}{4} - \frac{1}{3} \right) = 0.452 \Delta \cdot H^3.$$

$H = 0.75$ Faden $= 1.60$ m; die Torbreite $\Delta = 1.50$ Faden $= 3.20$ m somit $A = 0.452 \cdot 1.6^3 \cdot 3.2 \cdot 1000 = 5920$ kg m.

Berücksichtigen wir noch das Eigengewicht des Tores, welches etwa gleich 320 kg ist, so ergibt sich

$$A_2 = 320 \int_0^{\Pi/2} \frac{H}{2} \text{ Cos } \varphi \cdot d\varphi = 320 \cdot 0.8 = 256 \text{ kg m}$$

oder die Gesamtarbeit $A = A_1 + A_2 = 5920 + 256 = 6176$ kg m.

Das Verhältnis der Schwengelarme ist 1:1; der Kolbengang $h^1 = 0.10$ m. Wie früher erwähnt, muß die Arbeit der beiden Kolben gleich sein der Arbeit des fallenden Tores, somit die Kraft, die auf beide Kolben wirkt:

$$P = \frac{A}{h^1} = c. \frac{6000}{0.10} \text{ kg} = 60\,000 \text{ kg}.$$

Es wurde angenommen $A = c. 6000$ kg m und nicht 6176 kg m, um durch die Kolben nicht die ganze Arbeit des fallenden Tores aufzubreuchen, was eventuell bei schwankender Stauhöhe H ein Steckenbleiben des Tores oberhalb Punkt c des Schwengels verursachen könnte.

Da 2 Bremsen vorgesehen sind, so entfällt auf jede Bremse: $P_1 = \frac{P}{2} = 30\,000$ kg.

Der Durchmesser der Kolben ist gleich 20 cm., der Durchmesser der Kolbenstange 4 cm., somit die freie Kolbenfläche:

$$\omega = \frac{\text{II. } 20^2}{4} - \frac{\text{II. } 4^2}{4} = \cong 300 \text{ cm.}^2$$

Um die gesamte unter solchem Druck stehende Wassermenge aus dem unteren Zylinder-Teil in den oberen zu befördern, muß die Verbindungsöffnung im Diaphragma folgender Gleichung entsprechen:

$$F = \frac{\omega}{\mu \cdot \sqrt{2 g \cdot H}} = \frac{300 \cdot 10}{0.80 \cdot 14000} \cong 0.2695 \text{ cm}^2$$

wobei $\mu = 0.80$ angenommen wurde. Bei 2 Öffnungen müßte der Durchmesser derselben sein:

$$d^1 = \sqrt{\frac{2 F}{\text{II}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0.2665}{\text{II}}} = 0.416 \text{ cm.}$$

Die Gesamtkosten solcher Fallschleuse mit Gleitrinne belaufen sich bei nicht zu schwierigen Bodenverhältnissen und bei normalen Aushubtiefen, bei einem Niveau-Unterschied zwischen Ober- und Unterwasser von 3 Faden auf etwa 11500 Rubel. Würde man die Seitenwände der Rinne statt aus Spundwänden aus Mauerwerk herstellen, so würden die Baukosten 15000 Rbl. nicht übersteigen — was im Verhältnis zur ersten Summe nicht viel ist, wenn man den Fortfall an Reparaturen berücksichtigt.

Alle Manipulationen an der Schleuse, welche bei jedesmaligem Füllen ca 36 Kub.-Faden Holz fassen könnte, könnten vollkommen durch 6 Arbeiter ausgeführt werden, von welchen 2 ständig bei der Schleuse sein müßten, und je 2 jedes der Flöße begleiten.

Der horizontal oder mit minimalstem Gefälle angelegte Kanal teilt das angrenzende Terrain in 2 Gebiete — in ein oberes und ein unteres. Das obere Gebiet dient zur Speisung des Kanals und von seiner Größe hängt die Möglichkeit der Anlage eines solchen ab. Zum Sammeln der im oberen Plateau gefallenen Niederschläge ist die Anlage eines Netzes von Speisungskanälen erforderlich, welches desto enger sein muß, je kleiner das Niederschlagsgebiet.

Bei uns im Baltikum befinden sich im oberen Plateau meist die Hochmoore. Durch Anlage von solchen Speisungskanälen erhält man erstens das für die Flößung erforderliche Wasser, zweitens entwässert man damit das Moor und hindert es am Weiterwachsen.

Das untere Plateau dient in seinen niedrigsten Partien zur Entleerung des Flößungskanals nach Schluß der Flößung. Die Anlage von Entleerungsgräben ist besonders wichtig, da wie schon erwähnt, der Flößungskanal nach Betriebschluß trockengelegt werden muß, um im Winter nicht zuzufrieren.

Die Entleerer dienen zugleich einer Entwässerung des unteren Plateau, was beim Projektieren derselben im Auge behalten werden muß. Mit der Durchführung einer Detailentwässerung des unteren Plateau sollte jedoch gewartet werden, bis es sich erweist, wie groß der Einfluß des Speisungs-Netzes auf den Grundwasserstand einzelner Gebietsteile sein könnte; auch könnte in dieser Hinsicht der Flößungskanal einen nicht genügenden Einfluß ausüben, da er längs den Höhenkurven verläuft und vielleicht oft den Grundwasserstrom schneidet. (Seine Wirkung ist ähnlich der eines sogenannten Konturgrabens.)

Damit das Wasser nach Schluß der Flößung aus den Speisungskanälen in die Entleerer gelangen kann, ohne durch den Flößungskanal fließen zu müssen, müssen die Einmündungen der ersteren gegenüber den Ausmündungen der letzteren angelegt werden. — Am zweckmäßigsten ist es die Sohle der Speisungskanäle und Entleerer an den Kreuzungspunkten mit dem Hauptkanal um 0·20—0·30 Faden tiefer anzulegen, als die Sohle des letzteren — und den angrenzenden Teilen derselben ein größeres Gefälle zu geben. Dadurch wird nach Entleeren des Hauptkanals, das die Seitenkanäle passierende Wasser, durch stärkeres hydraulisches Gefälle ungehindert die Kreuzungsstelle passieren können, ohne in den Hauptkanal zu gelangen. Der Ausfluß der Entleerer aus dem Hauptkanal muß außerdem mit einem Überfall versehen sein, welcher den Wasserstand im Kanal auf konstanter und genau festgelegter Höhe halten soll. Somit ermöglicht die Anlage eines Flößungskanals zugleich eine vollständige Entwässerung des ganzen Forstes.

Was nun die Speisung des Flößungskanals anbelangt, so ist dieselbe von der Größe des Speisungsgebietes

und von der Niederschlagsmenge abhängig. Als Beispiel sei hier angeführt die Berechnung des oberen Teils des im Ellernschen Kronsfors in Kurland projektierten — eben im Bau begriffenen Kanals.

Der obere Teil des Kanals hat eine Länge von 12·7 Werst und wird gespeist aus einem Gebiet von 2411 Dessjätinen. Der Wasserverbrauch im Kanal besteht aus Verdunstungswasser, Versickerungswasser und Speisewasser für die Schleusen.

Die Verdunstungsmenge beträgt nach in Deutschland gemachten Berechnungen ca 0·006 mm von der freien Oberfläche in 24 Stunden. In Anbetracht dessen, daß der Kanal nur im Frühjahr funktioniert und durch bewaldetes Terrain geht, dürfte die Verdunstung 0·005 mm nicht überschreiten, was ca 3 Kub.-Faden pro □ Werst in 24 Stunden in unserem Falle ergeben würde.

Die Versickerung ist angenommen = 0·5 Zoll von der Wasserfläche — oder ca 7·5 Kub.-Faden pro □ Werst in 24 Stunden. Infolge des hohen Grundwasserstandes dürfte die Versickerung wohl kaum diese Zahl erreichen.

Die jährliche Holzausfuhr aus dem Forste beträgt ca 4000 Kub.-Faden, welche Menge bedingt durch die Lage des Kanals in vollem Umfange den oberen Teil des Kanals passieren müßte. Die Schleuse ist imstande, jedesmal 36 Kub.-Faden Holz zu befördern (nehmen wir sicherheits- halber nur 24 Kub.-Faden an) und verbraucht dabei ca 250 Kub.-Faden Wasser. Bei Annahme einer Flößungsdauer von 15 Tagen, ergibt sich als für die Schleuse erforderliche Speisewassermenge pro Tag:

$$Q_1 = \frac{4000 \times 250}{24 \times 15} = 2778 \cong 2800 \text{ Kub.-Faden}$$

und der Totalverbrauch des Kanals pro 24 Stunden:

$$Q_2 = (3 + 7\cdot5) \times 12\cdot7 + 2800 = 2933\cdot35 \cong 2950 \text{ Kub.-Faden.}$$

Gemäß den meteorologischen Beobachtungen in den letzten 15 Jahren in den Baltischen Provinzen, beträgt die geringste Jahresniederschlagsmenge 458 mm. Die Dauer der Schneeschmelze beträgt im Mittel ca 20 Tage — im Laufe welcher die gesammten Winterniederschläge (ca $\frac{1}{4}$ der Jahresniederschläge) abfließen. Die mittlere tägliche Abflußmenge würde daher betragen

$$q = \frac{458}{4 \times 20} = 5.7 \text{ Kub. mm.}$$

oder pro Dessjätine: $q_2 = 5.7 \times 0.00047 \times 2400 = 6.43$ Kub.-Faden; rechnen wir davon 0.45 auf den Abfluß, den Rest auf Versickerung und Verdunstung (für waldreiche Gegenden beträgt der Abflußquotient im Mittel 0.35—0.45 für das Jahr) so erhalten wir pro Dessjätine

$$643 \times 0.45 = 2.89 \text{ Kub.-Faden pro Tag}$$

oder für den oberen Teil des Kanals mit einem Gebiet von 2411 Dessjätinen pro Tag:

$$2.89 \times 2411 = 6967.79 \cong 6980 \text{ Kub.-Faden.}$$

Der Wasserverbrauch im Kanal beträgt somit nur 42% vom gesamten zur Verfügung stehenden Quantum — mit anderen Worten, der Kanal wäre imstande zu funktionieren schon bei einem Niederschlagsgebiet von:

$$\frac{2950}{2.89 \times 104} = 9.81 \cong 10 \text{ qu Werst.}$$

In Wirklichkeit dürfte das vorhandene Wasserquantum jedoch ein noch viel größeres sein (das erforderliche Speisungsgebiet somit noch geringer werden können) da der Kanal meistens im Bereich des Grundwasserstromes zu liegen kommt — der Zuflußquotient somit ein größerer ist.

Zur Anfüllung eines Kanals von solchem Querschnitt und solcher Länge, wie es in Ellern projektiert worden ist, würden erforderlich sein

$$\frac{1 + (1 + 3 \times 0.50)}{2} 0.50 \times 12.7 \times 500 = 5556$$

Kub.-Faden Wasser, d. h. der Kanal würde zur Anfüllung kaum 24 Stunden erfordern.

Alles eben angeführte führt zum Schluß: die Anlage von Flößungskanälen ist in allen Forsten möglich, welche ihren Bodenverhältnissen nach eine Entwässerung erfordern.

Wie groß der Einfluß solcher Flößungskanäle auf die Revenuen-Steigerung unserer Forste sein könnte, läßt sich genau kaum feststellen. Es liegen bisher gar keine Daten vor, welche bestimmte Schlußfolgerungen ermöglichen können. Die Anlage eines Flößungskanals bedingt, wie gesagt,

ein ganzes Netz von Entwässerungsgräben. Wie groß aber die Rentabilität solcher Anlage im Sinne einer Kultivierung der Sümpfe und Moore ist — läßt sich genau nicht sagen, denn die Entwässerung ist ja nur eine Vorbedingung weiterer verschiedener Kulturmaßregeln, welche außerdem oft nicht gleich nach Fertigstellung der Flößungsanlage — vorgenommen werden würden oder werden könnten. Noch schwieriger ist es zu berechnen, wie groß der Einfluß der Anlagen auf eine Einschränkung des Wachstums der Moore und auf der Aufforstungsmöglichkeit derselben sein könnte. Es liegen in dieser Hinsicht fast gar keine, meist nur zufällig gewonnene Daten vor. Mit Bestimmtheit läßt sich nur die Revenuensteigerung durch Anfuhrersparnis feststellen alle übrigen Faktoren, in ihrer Gesamtheit vielleicht viel bedeutender, sollen einstweilen unberücksichtigt bleiben.

Wie früher erwähnt, kostet die Anfuhr per Achse pro Stamm und Werst im Mittel ca 15 Kop. — Diese Zahl ist in den letzten Jahren einer steten Steigerung unterworfen — und erreicht in schnee- und frostlosen Jahren eine Höhe, welche die Ausfuhr trotz reger Marktpreise fast unmöglich macht. Was nun die Flößung auf Kanälen anbelangt, so sind die Kosten derselben relativ weniger einer Schwankung durch Steigerung der Ausfuhrkosten unterworfen, als bei einer Ausfuhr per Achse, da hier auf eine Arbeitskrasteinheit eine größere Transportmasse entfällt.

Versuche ergaben, daß ein Pferd ohne Schwierigkeit 18 Kub Fad. Holz ziehen kann, wobei 2 Arbeiter zur Bedienung solch eines Floßes erforderlich sind. Die Arbeiter mit dem Pferd können im Laufe des Tages bei 7½ stündiger Arbeit ca 30 Werst unbehindert zurücklegen. Nehmen wir für die Rückkehr (frei) ebensoviel Zeit an — und berechnen den Arbeitstag eines Arbeiters mit Pferd zu 2, 50 Rbl. (der mittlere Preis für die Ostseeprovinzen) und für den zweiten Arbeiter zu 1, 50 Rbl., so erhalten wir pro Kub. Fad. und laufende Werst:

$$\frac{(2,50 + 1,50) \cdot 2}{18 \times 30} = 0,0148 \text{ Rbl.} \cong 1\frac{1}{2} \text{ Kop.}$$

Da ca 10 — 12 Balken von durchschnittlich 6 — 7 Werschok Durchmesser und ca 5 Fad. Länge auf ein Kub.=Fad. gehen. (Ein Tarations Kub.=Fad. enthält ca 240 Kub.=

Fuß Holzmasse), so belaufen sich die Transportkosten pro Balken und Werst auf:

$$1,5 : 10 = 0,15 \text{ Kop.}$$

mit anderen Worten, der Transport auf dem Flößungskanal ist um:

$$15 : 0,15 = 100$$

hundert mal billiger als der Transport per Achse. —

Die Revenuen-Steigerung und Rentabilität kann auf Grundlage dieses Ergebnisses etwa folgendermaßen berechnet werden.

Als Beispiel sei gewählt einer der Kronsförste in Kur-land — von einer Flächenausdehnung von ca 12 000 Dessjätinen. Die jährliche Ausfuhr beträgt ca 4 000 Kub. Fad., von welchen ca 2 000 Kub. Fad. Brennholz und ca 2 000 Kub. Fad. Nutzholz sind — d. h. etwa 20 000 Balken. Die mittlere Entfernung der Anfuhr per Achse bis zum nächsten flößbaren Flusse beträgt im Mittel ca 15 Werst. Nehmen wir an, daß das Relief des Terrains die Anlage eines etwa 30 Werst langen Flößungskanals ermöglicht, dank welchem die mittlere Anfuhrstrecke auf ca 3 Werst reduziert wird; (in den meisten der Försten, in welchen bisher Vorarbeiten ausgeführt worden sind, beträgt diese mittlere Ausfuherntfernung nur 1 — 2 Werst). Vor Anlage des Flößungs-Systems betragen die Transportkosten bis zum flößbaren Fluß (wobei der Transport eines Kubik-Fadens Brennholz auf 15 Werst c. 8 R. kostet: $[(2000 \times 8) + (20\ 000 \times 0,15 \times 15)]$ Rbl. = 61 000 Rbl.

Nach Fertigstellung des Kanals dürften die Transportkosten sich folgendermaßen gestalten (bei Annahme einer mittleren Transportentfernung per Achse auf 3 Werst und zu Wasser auf 20 Werst, wobei die Anfuhr 1 Kub.-Faden Brennholz per Achse auf 3 Werst zu 3 Rbl. fixiert worden ist):

Anfuhr per Achse:

$$2000 \times 3 + 20\ 000 \times 0,15 \times 3 = 15\ 000 \text{ Rbl.}$$

Transport zu Wasser:

$$4000 \times 0,015 \times 20 = 1200 \text{ „}$$

$$\text{In Summa . . . } 16\ 200 \text{ Rbl.}$$

da ein Teil des Gewinnes den Holzhändlern zufallen dürfte, könnte der Revenuen-Zuwachs des Förstes etwa 75 % der Transportkosten-Differenz betragen, also:

$$(61\ 000 - 16\ 000) \times 0,75 = 33\ 600 \text{ Rbl.}$$

Die Rentabilität einer solchen Anlage würde also gesichert sein, wenn das Anlagekapital $33\ 600 : 0,10 = 336\ 000$ Rbl. nicht übersteigen würde. (Hierbei ist vorausgesetzt, daß dasselbe 10 % brutto jährlich abwerfen müßte, von welchen 6 % Zinsen; 1 % Abschreibung und 3 % Unterhaltungskosten sein würden).

Die faktischen gesamten Anlagekosten belaufen sich jedoch auf Grund der bisher ausgearbeiteten Projekte auch bei schwierigen Terrainverhältnissen auf nicht mehr als 6 000 R. pro lfd. Werst des Flößungskanals — dürften also im gegebenen Fall $30 \times 6\ 000 = 180\ 000$ Rbl. nicht übersteigen.

Die obige Rentabilitätsberechnung kann, genau genommen, nicht erschöpfend sein, sie soll vielmehr nur als Kalkulation in großen Zügen hingestellt sein, auf Grund welcher bei einiger Kenntnis der Gegend und des Terrains, eingehende Vorarbeiten eingeleitet werden könnten. Die bisherige Praxis auf diesem Gebiet und eingehende Vorarbeiten auf einer Fläche von 140 000 Dessjätinen, haben ergeben, daß eine ausführliche Rentabilitätsberechnung zu noch viel günstigeren Resultaten führt als zu den oben berechneten, welche vielleicht, nach einigen Jahren durch Resultate aus der Praxis um vieles übertroffen werden können.

Aus meinen Ausführungen ergibt sich:

1) Die Bodenverhältnisse und die ökonomische Lage der meisten unserer Forsten erfordert energische Maßregeln zur Steigerung der Revenuen.

2) Als erste rationelle Maßregel zur Hebung der Revenuen ist anzusehen die Anlage eines Entwässerungssystems, welches einer Flößung angepaßt ist.

3) Durch Anwendung der beschriebenen Fall-Schleuse wird die Frage betr. Schaffung billiger Wasserwege in Gegenden mit geringem Zuflußgebiet bestens gelöst. Die Kombination solcher Flößungskanäle mit den Speisungs- und Entleerungskanälen ermöglicht auch eine vollkommene Entwässerung des Terrains.

4) Der große Nutzen und die hohe Rentabilität solcher Wasserwege steht außer Frage.

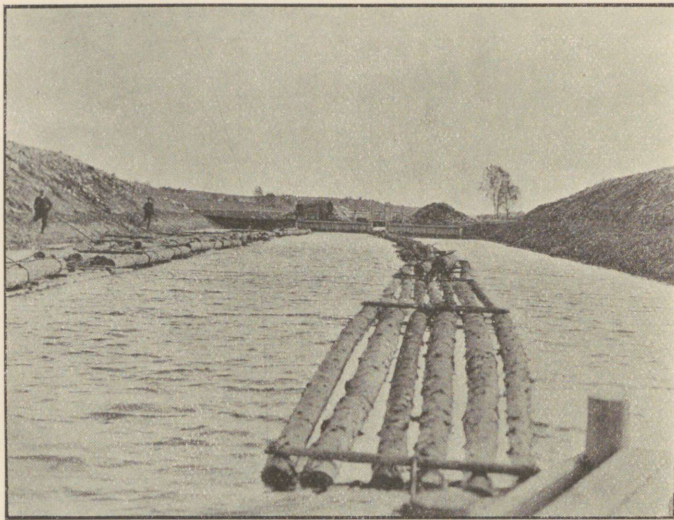


Solche Wasserwege nähern durch zuverlässiges Funktionieren und billigeren Betrieb — den Forst dem Holzmarkte. Besonders die Möglichkeit der des Wassers zu sein und die Flößung in der Hand zu haben, ist für den Holzhändler von ausschlaggebender Wichtigkeit. Es braucht in dieser Hinsicht nur darauf hingewiesen zu werden, wie großen Einfluß auch nur ganz kleine Flüßchen, welche nur 3—4 Tage im Jahr flößbar sind, auf die Holzpreise im Forste ausüben können.

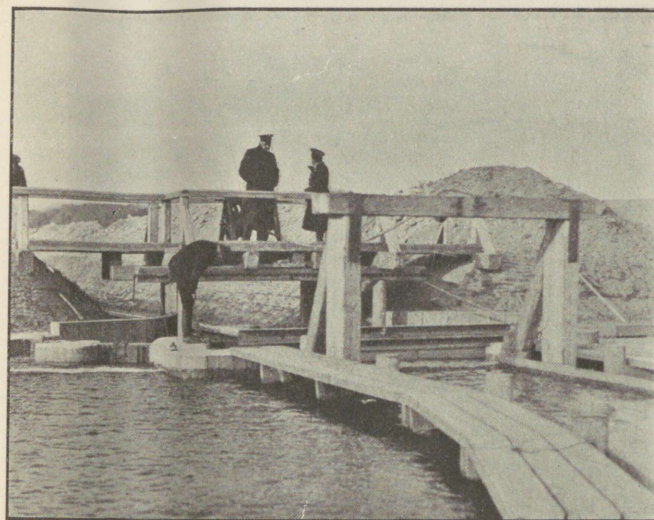
In wasserarmen Jahren (zum Beispiel im Frühjahr 1912) wenn das Hochwasser in solchen kleinen Flüssen gering und von kurzer Dauer ist, bleiben oft größere Partien von Flößen stecken und das Holz gelangt nicht auf den Markt. Solche Fälle treffen meistens nicht vereinzelt zu und verursachen gewöhnlich eine Steigerung der Nachfrage auf dem Markt gegenüber dem Angebot. Das Exportholz gelang nicht auf den Weltmarkt, wo daraufhin die Nachfrage auf Kosten eines Angebots aus anderen Ländern (Schweden Deutschland u.) gedeckt wird. Im darauf folgenden Jahr, mit vielleicht günstigeren Witterungsverhältnissen, wird dann außer der Jahresproduktion noch der Rest des vorigen Jahres auf den Markt gebracht. Der vorigjährige Rest kann selbstverständlich nicht mehr Anspruch auf I Qualität erheben, da er ein ganzes Jahr im Freien gelegen hat. Außer Entwertung des Holzes kommt noch ein allgemeines Sinken der Preise infolge Steigerung des Angebotes gegenüber der Nachfrage hinzu. Starkes und unsystematisches Schwanken in dem Maße des Export-Holzes und teilweise Entwertung sind wohl die Hauptfaktoren des relativ geringeren Wertes unseres russischen Exportholzes auf dem Weltmarkte neben dem ausländischen.

Die hier vorgeschlagenen Wasserwege berühren ganz entschieden auf's engste die wichtigsten Seiten des ökonomischen Wesens unseres Holzhandels — und je schneller und großzügiger dieselben angelegt werden, desto eher ist zu erhoffen, daß der russische Holzmarkt aus seiner untergeordneten Stellung sich emporarbeiten.

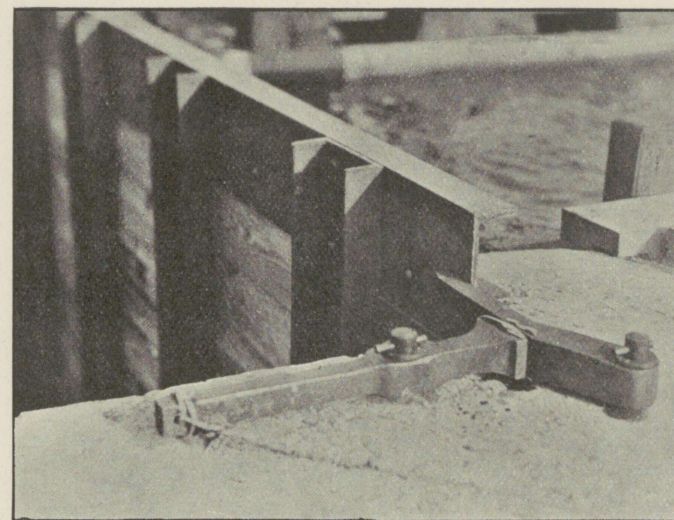
J n g. W. v. K r e i ß l e r.



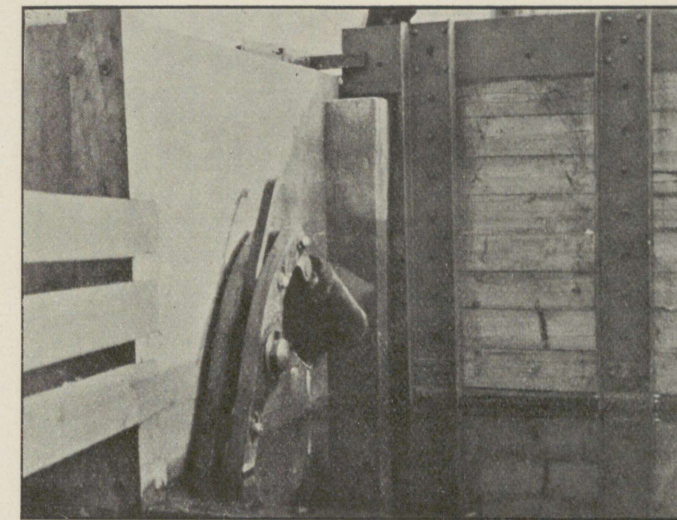
Ansicht der gefüllten Kammer mit eingeführten Flossreihen vom oberen Kammerverschluss kurz vor Öffnen des Falltores



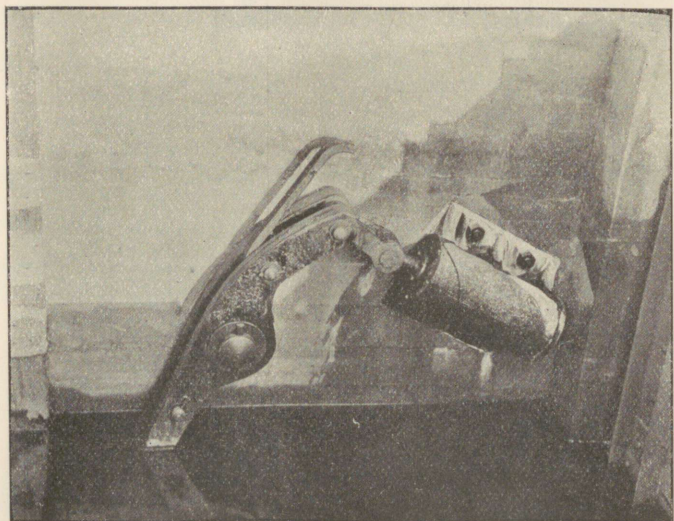
Fallschleuse von oben gesehen. Die Kammer ist gefüllt. Im Hintergrunde die Böschungen der Rinne.



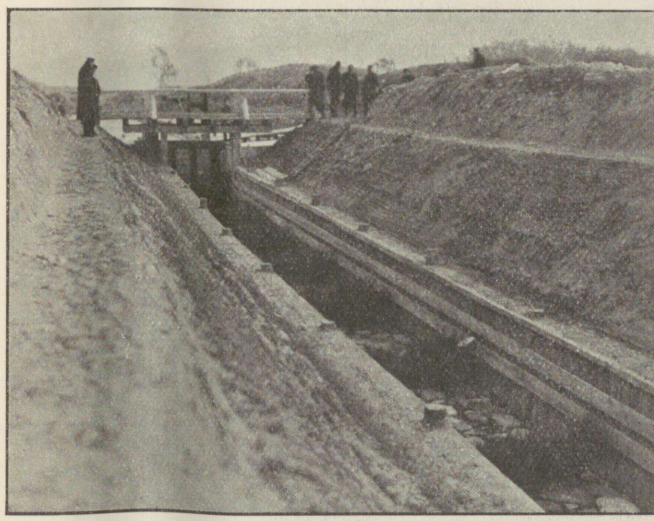
Sperrvorrichtung des Falltores. Torrahmen mit U-Eisen von unten gesehen.



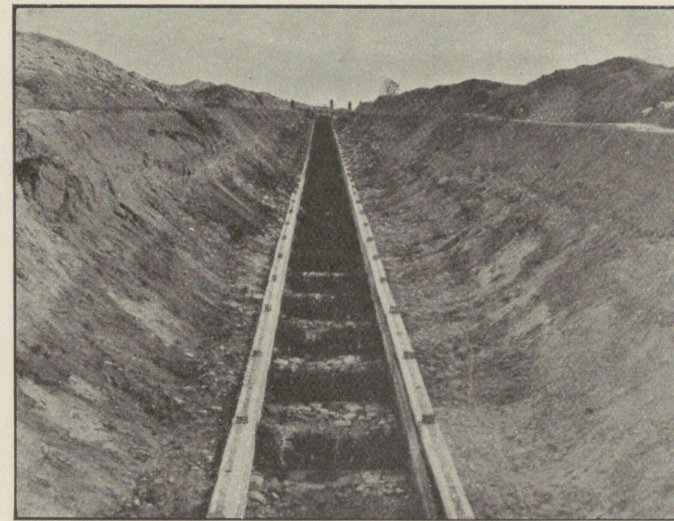
Falltor von unten gesehen. Seitenmauerwerk desselben mit in ihm verfestigter Brems-Vorrichtung.



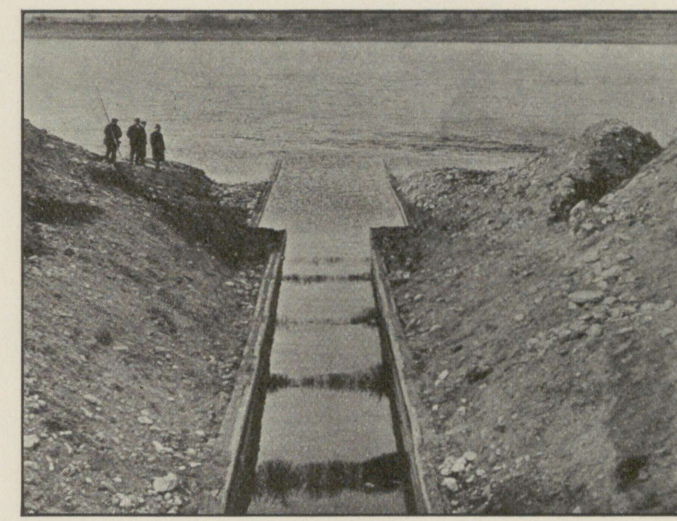
Brems-Vorrichtung. Schwengel, Kolbenstange und Zylinder mit Wasser gefüllt, kurz vor dem Öffnen des Falltores.



Geschlossenes Falltor von unten gesehen und Anfang der Gleitrinne. Dieselbe ist durch Spundwände eingefasst, ihre Sohle abgeplästert. In Abständen von 2 Faden Strauchbarrieren. Im Hintergrunde die angefüllte Kammer.



Ansicht der Gleitrinne von unten kurze Zeit nach dem Passieren der Flösse. Die Strauchbarrieren haben sich wieder gehoben und eine fast senkrechte Stellung eingenommen, nachdem sie durch die Flösse leicht zum Boden angedrückt wurden. Im Hintergrunde die Fallschleuse.



Ausmündung der Rinne in die Düna.

Projekt einer Gleitschleuse

1:200

A

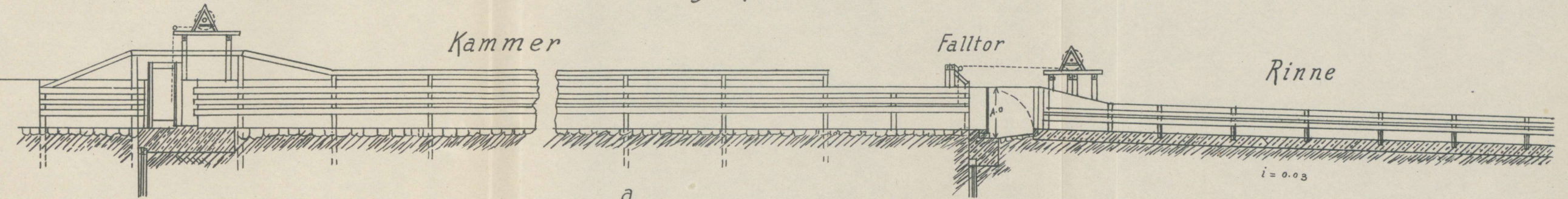
Längsschnitt

B

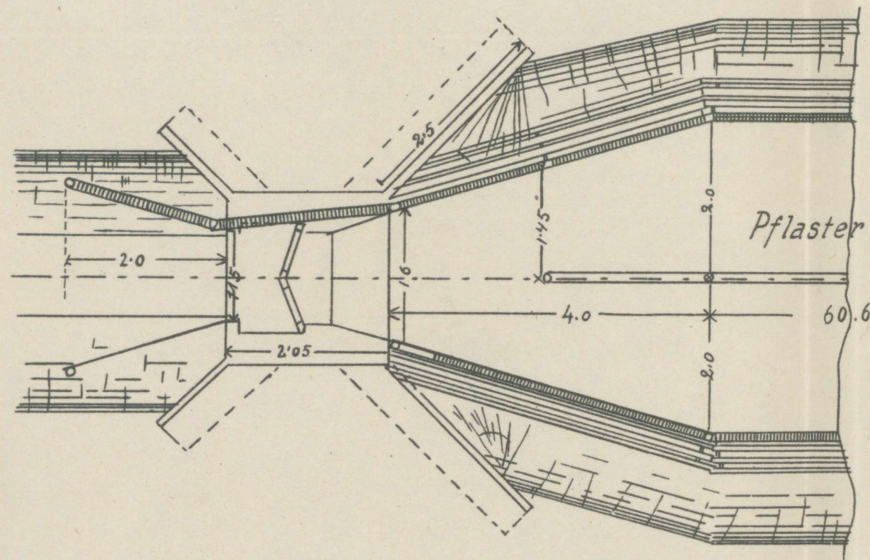
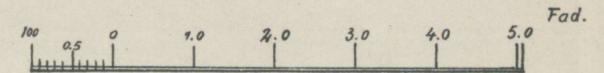
Kammer

Falltor

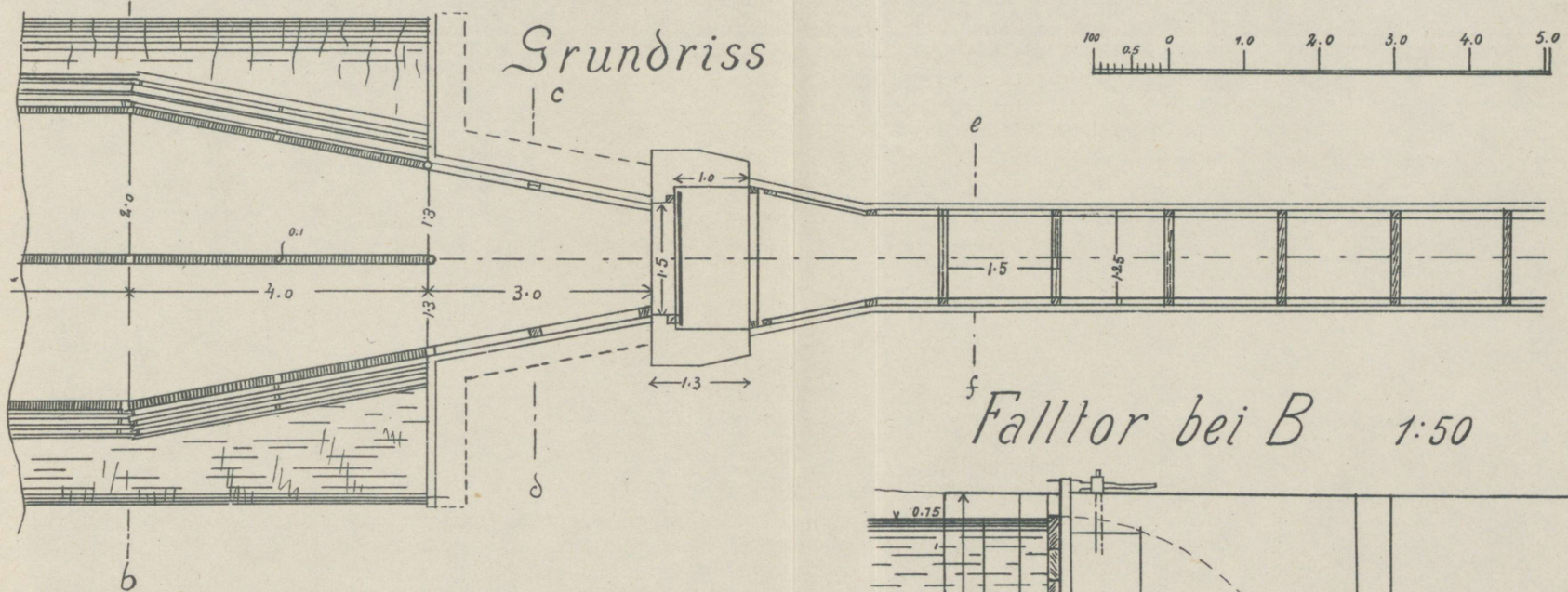
Rinne



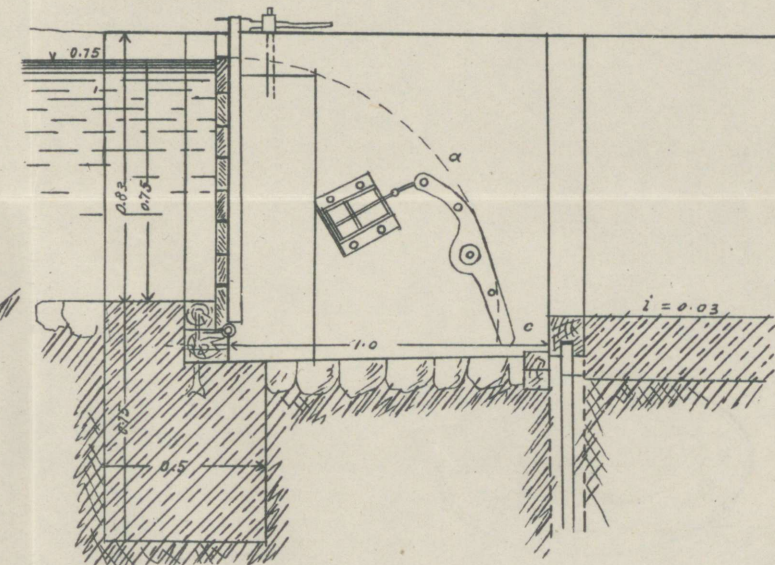
M 1:200



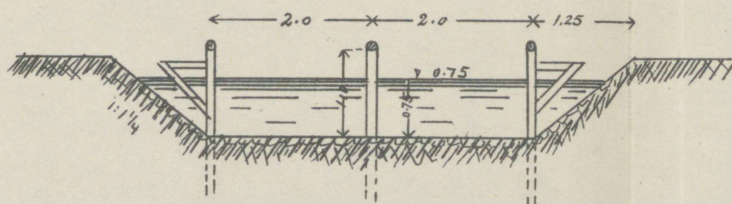
Grundriss



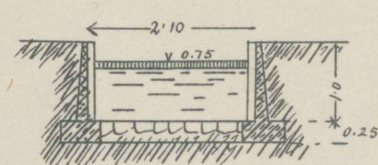
Falltor bei B 1:50



Schnitt ab



Schnitt cd



Schnitt ef

