

V. INTERNATIONALER BINNENSCHIFFFAHRTS-CONGRESS  
ZU PARIS — 1892

---

I. FRAGE

---

UEBER EINIGE IN RUSSLAND AUSGEFÜHRTE  
**BAUTEN ZUR BEFESTIGUNG**  
DER CANAL-BÖSCHUNGEN

---

BERICHTERSTATTER :

**E. VON HÆRSCHELMANN**

Ingenieur der Verkehrswege, zu St. Petersburg

*F. Nr. 19383*



PARIS

IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE

9, RUE DE FLEURUS, 9

---

1892



11-354255

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316863

300-1-10/2019

UEBER EINIGE IN RUSSLAND AUSGEFÜHRTE

# BAUTEN ZUR BEFESTIGUNG DER CANAL-BÖSCHUNGEN

---

BERICHTERSTATTER :

**E. von HERSCHELMANN**

Ingenieur der Verkehrswege, zu St. Petersburg.

Unter den Schiffahrts-Canälen Russlands haben die grösste Bedeutung für die Binnen-Schiffahrt die Ladoga-Canäle; sie vermitteln den sehr bedeutenden Verkehr zu Wasser zwischen dem weit ausgedehnten Stromgebiet der Volga und St-Petersburg, welcher die Ziffer von 3 Millionen Tonnen jährlich erreicht. Die Ladoga-Canäle, welche die hauptsächlichste Verproviantirungsader der Hauptstadt bilden, sind von jeher der Gegenstand ganz besonderer Sorgfalt seitens der Verwaltung der Verkehrswege gewesen. Durch ihre äusserst offene Lage, ganz nahe den Ufern eines grossen Sees, dessen Oberfläche mehr als 10 000 Quadrat-Kilometer beträgt, — des grössten Süswassersees in Europa, — sind diese Canäle sehr den Stürmen ausgesetzt, welche auf ihrer Oberfläche grosse Wellen bilden, durch deren Anprall die Böschungen stark beschädigt werden. Während der ganzen Schiffahrtszeit, von Ende April bis Mitte October, findet auf den Ladoga-Canälen ein regelmässiger Personendampfer-Verkehr statt; die Schiffe, welche mit Waaren beladen sind, werden von Pferden gezogen. Auf einem Theil dieser Canäle hat man während der Dauer von zwei Schiffahrtsperioden (1881 und 1882) den Versuch gemacht, alle Warenschiffe durch Dampfer schleppen zu lassen. Züge von 4 bis 6 Barken wurden von Schraubendampfern bugsirt. Die durch diese Art der Traction hervorgebrachten Beschädigungen des Canalbettes und der Böschungen waren sehr bedeutend. In der Mitte des Canals bildete sich, in einer Breitenausdehnung von gegen 5 Sashen (10 M. 66) eine Vertiefung des Bodens bis zu 1/2 Sashen (1 M. 06), während die Wassertiefe zu den Ufern hin ganz ungenügend wurde. Die Böschungen verloren ihre regelmässige Form, Erdmassen rutschten allmählich in den Canal und die Neigung der Ufer wurde merklich flacher. So hat man denn nach zwei Versuchsjahren das Bugsiren der Warenschiffe durch Dampfer aufgegeben und seitdem wird die Traction aller Schiffe, nur mit Ausnahme der Personendampfer auf der ganzen Länge der Ladoga-Canäle, durch Pferdezug bewirkt.

An diesen Canälen hat man viele Uferbefestigungsarbeiten ausgeführt. Vor der Aufzählung der verschiedenen Methoden, welche bei diesen Arbeiten zu verschiedenen Zeiten angewendet worden sind, wird es vielleicht nicht überflüssig sein eine kurze Beschreibung der Canäle selbst voraus zu schicken.

Die Ladoga-Canäle ziehen sich auf einer Strecke von 157 Werst (168 Kilometer) der Südküste des gleichnamigen Sees entlang, von dem Ausfluss der Neva aus dem Ladoga-See bis zur Mündung des Swir, welcher in denselben See fällt. Auf der ganzen Strecke sind je zwei Canäle nebeneinander gegraben. Die Linie der alten Canäle, welche zum Theil schon im vorigen, zum Theil Anfangs dieses Jahrhunderts angelegt ist, liegt weiter vom See; die neuen Canäle sind später gegraben worden, im Laufe von 20 Jahren, von 1863 bis 1883; sie liegen zwischen den alten Canälen und dem See. Zwei grosse Flüsse, der Wolchoff und die Ssiass, münden in den See zwischen dem Ausfluss der Neva aus dem See und der Mündung der Swir in denselben und theilen die Canäle in sechs verschiedene Theile.

Zwischen dem Anfang der Neva und der Mündung der Wolchoff heisst der alte Canal, Canal des Kaisers Peter des Grossen; das Niveau dieses Canals ist ungefähr um 1 Sashen höher als das gewöhnliche Niveau des Sees und seine beiden Enden sind durch Schleusen geschlossen. Der neue Canal, welcher keine Schleusen hat, liegt in dem Niveau des Sees und trägt den Namen des Kaisers Alexander II, unter dessen Regierung er erbaut worden ist. Jeder der beiden genannten Canäle hat eine Länge von 104 Werst (111 Kilometer). Die Mündungen der Wolchoff und der Ssiass sind ebenfalls durch zwei parallel laufende Canäle verbunden, welche nach den Kaiserinnen Catharina II und Maria Feodorowna benannt sind; die Ausdehnung jeder dieser Canäle ist ungefähr 10 Werst (10 1/2 Kilometer).

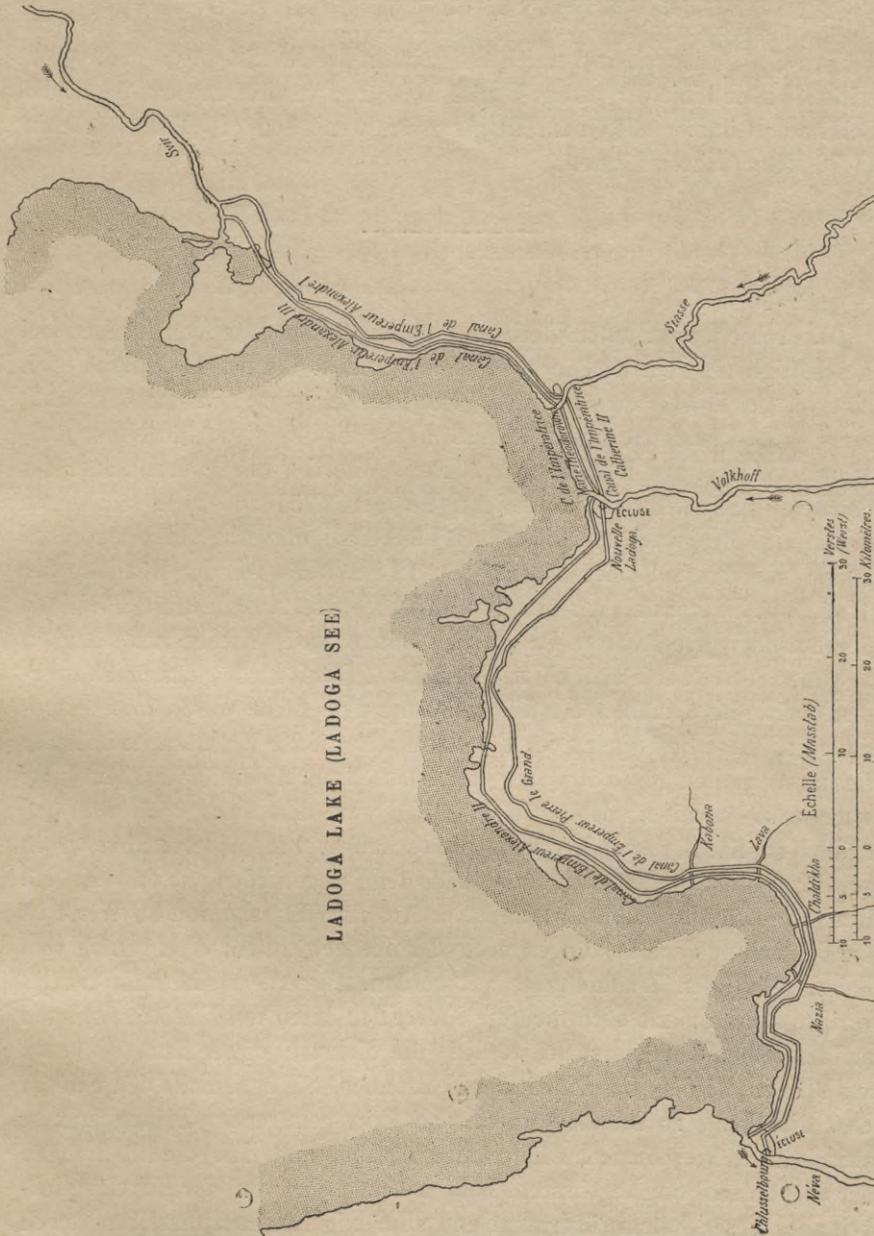
Das letzte Glied der Ladoga-Canäle, zwischen den Mündungen der Ssiass und des Swir, wird auf einer Länge von ungefähr 43 Werst (46 Kilometer) durch zwei Canäle, die nach den Kaisern Alexander I und Alexander III benannt sind, gebildet.

Von allen diesen sechs Canälen hat nur der älteste, der Canal Peter des Grossen, Schleusen; die anderen fünf haben das Niveau des Sees. Durch die Flüsse Wolchoff, Ssiass und Swir gelangen in die Ladoga-Canäle die Schiffe aus allen vier Canalsystemen, welche die Stadt St-Petersburg mit den Gewässern der Gebiete der Kaspischen und des Weissen Meeres verbinden. Die beladenen Waarenschiffe, welche in der Richtung nach Petersburg gehen, benutzen die Linie der neuen Canäle, die ein weiteres Profil haben. Die Sohlenbreite in ihnen ist 12 Sashen (25 M. 50), die Tiefe bei mittleren Wasserständen des Sees beträgt 2 bis 5 Arschin (1 M. 42 — 2 M. 13). Die alten Canäle, welche weniger breit und tief sind als die neuen, werden von Holzflößen, von Kohlen- und Heubarken befahren, sowie von den leeren oder nur theilweise beladenen Schiffen, welche von Petersburg kommen, um zur Wolga oder zur Dwina zurückzukehren.

Der jährliche Verkehr auf den Canälen Peters des Grossen und Alexander II

beläuft sich ungefähr auf 17 000 Schiffe (darunter 800 Dampfschiffe) und 18 000 Holzflöße.

Die Ufer der Ladoga-Canäle sind im Allgemeinen niedrig und bestehen



Übersichtskarte der Ladoga-Canäle.

hauptsächlich aus wenig widerstandfähiger sandiger Erde, hin und wieder mit Lehm untermengt; die mittlere Höhe der Ufer beträgt ungefähr  $2 \frac{1}{4}$  Ssashen über der Sohle des Canals. Die Neigung der Böschungen ist gewöhn-

lich gleich 2 zu 3 oder 4; ihre Bekleidung besteht meistens aus Rasenbelag. Der Unterschied zwischen den verschiedenen Wasserständen in den offenen Canälen erreicht bis zu 1,20 Ssashen (2 M. 56), je nach der Höhe des Wassers im See. Der Tiefgang der Schiffe wechselt gegenwärtig zwischen 0,60 Ssashen (1 M. 28) und 1 Ssashen (2 M. 13). Gleichzeitig mit dem Umbau des Mariensystems, welcher bereits in der Ausführung begriffen ist, wird die neue Linie der Ladoga-Canäle bedeutend vertieft werden, damit die Schiffe dort immer mit einem Tiefgang von wenigstens 10 Viertel Arschin (1,70 Meter) fahren können.

---

Das Problem einer guten Uferbefestigung hat schon Peter den Grossen viel beschäftigt, zur Zeit des Baues des ersten Ladoga-Canals. Es existirt noch eine von des Kaisers eigener Hand gefertigte Zeichnung, welche das Profil einer Canal-Ufer-Bekleidung vorstellt. Es ist dies eine Art hölzerner Quai-Wand, gebildet aus Pfählen und Bohlen. Während der ganzen Dauer des Canalbaus und nach seiner Beendigung im Jahre 1731 sind zu verschiedenen Zeiten eine Menge von mannigfaltigen Uferbefestigungen ausgeführt worden. Zuerst hat man, auf einer Strecke von 12 1/2 Werst von der Mündung der Wollchoff, die Ufer des Canals mit Faschinen bekleidet, welche in fünf Schichten übereinander gelegt waren. Um den Faschinen mehr Widerstandsfähigkeit zu geben, beschwerte man sie nach einiger Zeit mit Feldsteinen und ausserdem wurde im Canalbett den Ufern entlang eine Reihe von Pfählen eingeschlagen. Diese Befestigung der Böschungen hat vieler Reparaturen bedurft; sie hat im ganzen gegen 40 Jahre bestanden. Nach Ablauf dieses Zeitraums war sie so verfallen, dass man genöthigt war, alles, was noch von den Pfählen im Kanal vorhanden war, fortzuschaffen. Einige der Pfähle waren von ihrer ursprünglichen Richtung bedeutend abgewichen, so dass sie ein Hinderniss für die Schifffahrt bildeten. Auf einer Strecke von 80 Werst ist die Bekleidung der Böschungen nach der obenerwähnten, eigenhändig vom Kaiser gefertigten Zeichnung gebaut worden. Ausserdem sind während des vorigen Jahrhunderts noch mehrere andere Bau-Arten von Uferbefestigungen auf demselben Canal versucht worden. Die Mehrzahl dieser Bauten bestand aus Pfählen, Bohlen, Faschinen und Feldsteinen. Sie hatten alle den Fehler, dass die Pfähle zu schwach waren, dass kein genügender Zusammenhang zwischen den verschiedenen Materialien bestand und dass die Böschungen der Ufer zu steil angelegt waren. Bald hat man sich von der Unzulänglichkeit aller dieser Systeme überzeugt und allmählig hat man dieselben durch flach abfallende Böschungen, mit Rasenbekleidung oder auch zuweilen mit Steinpflasterung ersetzt. In dieser Weise ist auch die Uferbefestigung der anderen Ladoga-Canäle ausgeführt worden, welche in diesem Jahrhundert gebaut worden sind. Die Hauptursache der Beschädigung der Böschungen

dieser Canäle ist nicht die Art der Schifffahrts betriebes. Die beladenen Schiffe, unhefähr 12 000 jährlich, fahren nicht schneller als etwa 3 bis 4 Werst (3,20-4,27 Kilometer) in der Stunde. Die Fahrgeschwindigkeit der Dampfboote erreicht nur ausnahmsweise 7 Werst (7,47 kilometer). Aber die Böschungen leiden sehr : 1, Durch den Anprall der vom Winde hervorgerufenen Wellen 2, durch die häufigen Schwankungen des Wasser Niveaus und 3, während der kalten Jahreszeit, durch den starken und oft sehr plötzlichen Temperaturwechsel, welcher bald das Gefrieren, bald das Aufthauen der Canäle bewirkt.

Um der Beschädigung der Böschungen vorzubeugen, hat man verschiedene Mittel angewandt : Weiden-Flechtzäune, Faschinen, Bekleidung aus schichtenweise über einander gelegten Rasenstücken, Pflaster aus Feldsteinen und kleine, nach Art der Dachziegeln angeordnete Fliesen. Mit keiner von diesen Böschungsbefestigungen hat man befriedigende Resultate erzielt; sie haben nur kurze Zeit dem Anprall der Wellen und dem vernichtenden Einfluss der atmosphärischen Kräfte widerstanden. Sodann hat man versucht innerhalb der Grenzen der Wasserstands-Schwankungen eine Bekleidung der Abhänge aus Feldstein-Pflaster zu machen, welches unten an eine Steinschüttung stösst, die von der Seite des Canals durch eine Reihe Pfähle unterstützt wird; der obere Theil des Abhangs ist mit Rasen belegt.

Diese Methode hat folgende Nachtheile : Wenn die Arbeit nicht bei niedrigstem Wasserstand ausgeführt worden ist, kann es geschehen, dass der Fuss der Steinschüttung später blosgelegt und von den Wellen unterspült wird. Dann ist man genöthigt, das Feldsteinpflaster nach unten hin zu verlängern und es durch eine neue Steinschüttung mit einer neuen Pfahlreihe zu unterstützen. Um solche Nachtheile zu vermeiden, würde man vielleicht gut thun, schon gleich bei der Grabung eines Canals die Seitenabhänge desselben mit Feldsteinen zu bekleiden, von der Sockle an bis zum höchsten Wasserniveau.

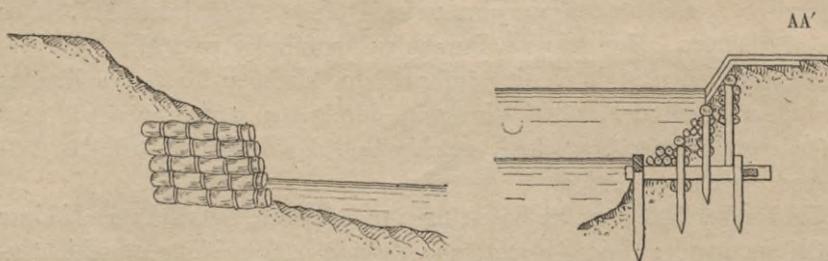
Wie sehr ein solcher Schutz der Böschungen dauerhaft und fest ist, kann man an dem äussersten Ost-Ende des Canals Kaiser Alexanders II ersehen, unweit der Stadt Neu-Ladoga, wo, auf der Länge einer Werst (1,07 Kilometer), die Böschungen schon bei der Grabung des Canals von oben bis unten mit Steinpflaster bekleidet worden sind. Diese Bekleidung hat sich bis jetzt, ein Viertel Jahrhundert lang, stets gut erhalten und keiner Reparaturen bedurft, ungeachtet des rein sandigen Bodens dieses Theils des Canals.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass an den Stellen, wo der Canal von den Flüssen Nasia, Schaldich, Lawa und Kabona<sup>1</sup> durchkreuzt wird, eine einfache Bekleidung mit Feldsteinpflaster nicht genügt, um die Böschungen gegen Unterspülung durch das fliessende Wasser zu schützen; man ist genöthigt gewesen, an diesen Stellen die Uferabhänge mit einer doppelten

1. Siehe die Uebersichtskarte, Seite 3.

Lage von Feldsteinen oder mit einer starken Steinschüttung zu bekleiden.

Im Allgemeinen hat man beobachtet, dass eine Bekleidung von Feldstein-



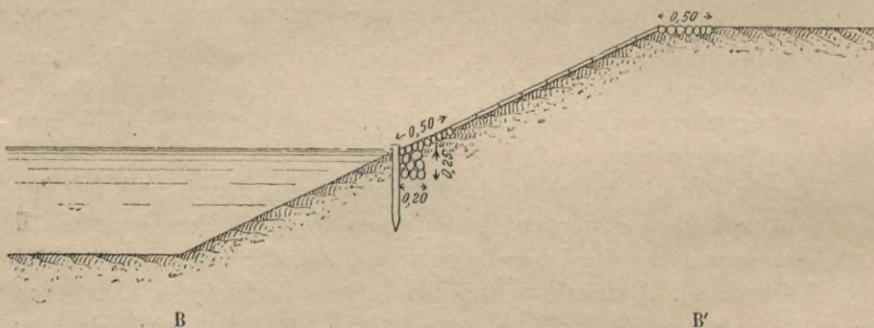
Alte Uferbefestigungsbauten auf dem Canal Peter dem Grossen, nach Zeichnungen eines Werkes auf den Canalen Russlands von Herrn Stukenberg. 1841.



Uferbefestigungs-Art nach der Zeichnung vom Kaiser Peter dem Grossen.

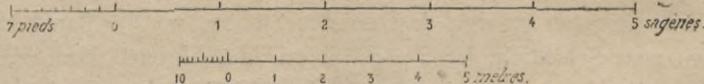
A

A



Angenommenes Profil einiger Strecken des Canals Kaisers Alexanders III.

Echelle



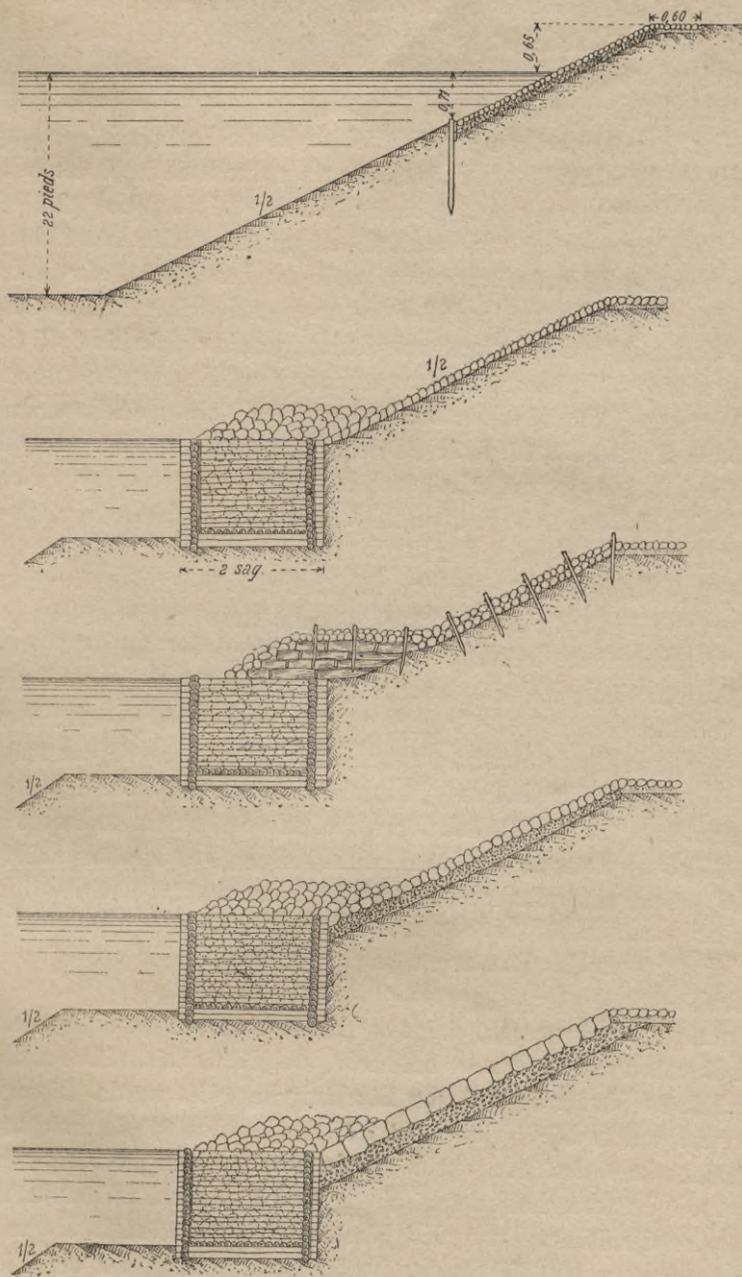
pflaster fähig ist, die Ufer gegen Unterwaschung und Einsturz zu schützen, sowie dass eine solche Bekleidung dazu beiträgt den Böschungen ihre regelmässige Neigung zu erhalten und die Unterhaltungskosten bedeutend zu vermindern.



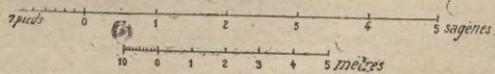
gewisse Summe, von 15 000 bis 40 000 Rubel (37 000 bis 100 000 Fr.), zur Befestigung der Ufer in diesem Theil des Canals angewiesen. Bis jetzt sind zu diesem Zweck im ganzen 150 000 Rubel (325 000 Fr.) verausgabt worden. Für diese Summe hat man 175 Ssashen (375 Meter) Uferlänge in der oben beschriebenen Weise befestigt. Die laufende Ssashen dieser Uferbefestigung bei einer Höhe der Ufer von 4 1/2 bis 7 1/2 Ssashen (9,60 bis 14 Meter) kommt durchschnittlich auf ungefähr 740 Rubel zu stehen, was etwa 867 Fr. pro laufenden Meter ausmacht.

Im Jahr 1890 sind Uferschutzbauten in dem westlichen Theil des Canals Kaiser Alexanders II, in Strecke von der 7. bis zur 14. Werst, von der am Ausfluss der Newa aus dem Ladoga-See gelegenen Stadt Schlüsselburg gerechnet, ausgeführt worden. Die Canalufer hatten hier durch Wellenschlag und Eisgang bedeutende Beschädigungen erlitten; die Böschungen hatten ihre ebene Oberfläche, sowie ihre regelmässige Neigung verloren; an vielen Stellen waren Unterwaschungen und tiefe Aushöhlungen entstanden. Nachdem dieselben mit Erde ausgefüllt und die Unebenheiten der Böschungen egalisiert worden waren, wurde eine Reihe von Pfählen in der Höhe des Niederwassers eingeschlagen. Die Pfähle haben eine Länge von 5 Fuss (1,52 Meter) und eine Dicke von 2 Werschock (0,09 Meter); sie sind in Abständen von 0,125 Ssashen (0,26 Meter) eingerammt. Hinter dieser Pfahlreihe hat man einen Graben von 0,20 Ssashen (0,45 Meter) Breite und 0,25 Ssashen (0,55 Meter) Tiefe ausgehoben und denselben mit Feldsteinen gefüllt, welche als Stütze für ein Steinpflaster dienen, das den anliegenden Theil der Böschung in einer Breite von 0,50 Ssashen (1,07 Meter) bedeckt. Dieses Pflaster hat eine Unterlage von Moos. Weiter nach oben ist die Böschung mit Rasen bekleidet; der Rand der Uferkrone ist ebenfalls mit einem 0,50 Ssashen (1,07 Meter) breiten Steinpflaster, welches auf einer Schicht groben Sander liegt, bedeckt. Die Gesamtlänge der im Jahre 1890 consolidirten Uferstrecken des Canals Kaiser Alexanders II beträgt 2708 Ssashen (5 778 Meter). Diese Arbeiten haben 22 000 Rubel (55 000 Fr.) gekostet, d. h. etwa 8 Rubel pro laufenden Ssashen oder 9,50 Fr. pro Meter.

In einigen Strecken des St. Petersburger See-Canals, welcher die Newa-Mündung mit der Cronstädter-Rhede verbindet, sind die Uferabhänge sehr sorgfältig befestigt. Der Canal, welcher am linken Ufer der Newa, unweit ihres Ausflusses in den Finnischen Meerbusen, beginnt, durchschneidet Anfangs, auf einer Strecke von 2 1/2 Werst (2,67 kilometer) einige kleine Inseln; weiter, in einer ebensolchen Länge, ist der Canal auf der rechten Seite durch einen Damm begrenzt, während sich links eine grosse Sandbank hinzieht; die folgenden 4 Werst des Canals sind von beiden Seiten eingedämmt und schliesslich, auf der übrigen Strecke, in einer Ausdehnung von 16 Werst (17 Kilometer), bis zur Rhede von Cronstadt, ist der Canal nicht von Dämmen eingefasst. Die Wassertiefe des Meerbusens beträgt hier 12 bis 20 Fuss (3,66-6,09 Meter). Das Canalbett hat eine Tiefe von 22 Fuss (6,70 Meter) unter Normalwasser.



Échelle



Uferbefestigungsbauten des St. Petersburger See-Canals.

Die Geschwindigkeit der den Canal befahrenden Dampfer darf nicht  $10 \frac{1}{2}$  Werst (11,2 Kilometer) überschreiten. Der durch Wind hervorgerufene Wellenschlag ist zuweilen sehr stark im Canal und greift die Ufer und Dammböschungen heftig an.

In der Canalstrecke, welche die kleinen Inseln Kanonirsky, Woljny und Gutujeff durchschneidet, sind die Böschungen durch Steinpflaster mit einer Schotter-Unterlage geschützt. In einer Tiefe von 0,71 Ssashen (1,51 Meter) unter Normalwasser hat man in die Böschung eine Reihe von Pfählen eingeschlagen, in Zwischenräumen von 0,50 Ssashen (1,07 Meter) von Pfahl zu Pfahl. An den Köpfen der Pfähle hat man zwei Reihen Bretter befestigt, die als Stütze für das Steinpflaster dienen, welcher sich bis 0,65 Ssashen (1,39 Meter) über Normalwasser erhebt. Die Pflastersteine haben etwa 0,40 Ssashen (0,21 Meter) im Durchmesser. Die Dicke der Schotterunterlage ist 0,08 Ssashen (0,17 Meter). Dieser Uferschutz, welcher über 6 Jahr besteht, hat sich sehr gut erhalten und fast gar keiner Reparaturen bedurft; der Preis derselben stellt sich auf 24 Rubel pro laufende Ssashen, was etwa 28,17 Fr. pro Meter aus macht.

Die Böschungen der Dämme, welche den Canal auf der Strecke einschliessen, wo die Tiefe der Bucht 12 Fuss (3,66 Meter) nicht übersteigt, sind auf verschiedene Art befestigt worden. Die Dämme erheben sich 2 Ssashen (4,27-Meter) über Normalwasser; der Fuss ihrer Böschungen stützt sich auf Holzcaissons die mit Steinen gefüllt sind. Anfangs hatte man die Böschungen einfach mit Steinpflaster bedeckt, welches sich unten an eine auf den Caissons angeordnete Steinschüttung lehnte. Diese Art des Uferschutzes kam auf  $44 \frac{1}{2}$  Rubel pro laufende Ssashen zu stehen, was etwa 51,64 Fr. pro Meter aus macht. Hierbei sind die Holz-Caissons nebst Steinfüllung nicht mit gerechnet. Dieselben wurden separat mit 40 Rubel die Kubik-Ssashen (10,07 Fr. der Kubik-Meter) bezahlt. Der Wellenschlag hat bald angefangen das Pflaster zu unterwaschen, welches an vielen Stellen einsank.

Darauf hat man versucht einige Lagen Faschinen auf die Caissons zu legen und dieselben mit Steinen zu bedecken, welche als Stütze für ein doppeltes Steinpflaster dienen, womit die Böschung bekleidet wurde. Diese Befestigungsart, welche 30,15 Rubel pro laufende Ssashen (35,39 Fr. pro Meter) zu stehen kam, hat auch keine guten Resultate geliefert. Die Faschinen haben die Unterwaschung der Böschungen nicht verhindern können. Alsdann hat man die Dimensionen der Pflastersteine vergrößert, bis zu einem Durchmesser von 0,15 Ssashen (0,32 Meter) und unter dieselben eine Schotter-Schicht von 0,25 Ssashen (0,53 Meter) Stärke gelegt. Diese Uferbekleidung bildet einen sehr wirksamen Schutz und bedarf so gut wie gar keiner Reparaturen; sie kostet 60 Rubel pro laufende Ssashen (70,42 Fr. pro Meter). An den Damm-Köpfen, welche dem Anprall von Eischollen ausgesetzt sind, sind die Pflastersteine durch grosse grob behauene finnländische Granitsteine ersetzt worden, die 0,40 Ssashen (0,85 Meter) lang und

0,20 Ssashen (0,45 Meter) dick sind. Diese Bekleidung hat 450 Rubel für die laufende Ssashen (528 Fr. pro Meter) gekostet. Wie früher erwähnt wurde, erheben sich die Dammböschungen 2 Ssashen (4,27 Meter) über Normalwasser und da dieselben eine Neigung von 1 : 2 haben, so beträgt ihre Breite etwa  $4 \frac{1}{2}$  Ssashen und auf jede laufende Ssashen Uferböschung kommen  $4 \frac{1}{2}$  Quadrat-Ssashen Pflasterung.

Ausser den Ladoga-Canälen, wird Dampfschiffahrt, aber mit sehr mässiger Fahrgeschwindigkeit, noch auf den übrigen Canälen des Mariensystems betrieben und zwar auf dem Onega-, dem Neu-Marien- und dem Bjelosersky-Canal. Zur Befestigung der Ufer sind an diesen Canälen zum Theil dieselben Mittel wie an den Ladoga-Canälen, zum Theil einfacher Rasenbelag angewendet worden.

Die übrigen Binnen-Schiffahrts-Canäle in Russland werden nicht von Dampfschiffen befahren und die nicht bedeutenden Uferbefestigungsarbeiten, welche an einigen Strecken derselben ausgeführt worden sind, haben nur den Zweck, die Böschungen gegen die Beschädigungen zu schützen, welchen sie durch Hochwasser, Eisgang und den Verkehr der Leinzugpferde ausgesetzt sind. Die in dieser Notiz angeführten Daten über Uferbefestigungsbauten an Canälen Russlands können wie folgt zusammen gefasst werden :

In Folge des Nichtvorhandenseins von sehr bedeutender Fahrgeschwindigkeit haben die Uferbefestigungsbauten an vielen Canälen den Zweck, die Böschungen gegen die Beschädigungen zu schützen, welchen dieselben durch häufigen Wechsel der Temperatur und des Wasserstandes, durch den Anprall von Sturmwellen und durch Eisgang ausgesetzt sind.

Ufer von mässiger Höhe in sandigem oder lehmigem Boden erhalten sich gut, wenn sie mit einer Lage Steinpflaster bedeckt sind, welches sich unten auf eine von einer Pfahlreihe begränzte Steinaufschüttung stützt.

Zum Zweck der Befestigung von sehr hohen Uferabhängen, müssen dieselben vor der Bepflasterung durch horizontale Bermen in mehrere Abstufungen getheilt werden, wobei zur Erleichterung des Abflusses des Quellwassers gepflasterte Gräben anzulegen sind.

Eine Schotterunterlage von hinlänglicher Stärke trägt wesentlich zur Dauerhaftigkeit des Steinpflasters bei, indem sie verhindert, dass die Wellen durch die Zwischenräume des Pflasters bis an die Erdböschung eindringen und dieselbe unterwaschen.

St. Petersburg, den 1./15. Februar 1892.

(Vom Verfasser übersetzt.)

