

VORLÄUFER UND ENTSTEHEN DER KAMMERSCHLEUSE, IHRE WÜRDIGUNG UND WEITERENTWICKLUNG.

EINE KRITISCH-TECHNISHISTORISCHE THEORIE
DES „WIE“ DER ENTSTEHUNG UND ENT-
WICKLUNG DER KAMMERSCHLEUSE
— ALS BEITRAG ZUR GESCHICHTE DER TECHNIK.

SCHRIFT ZUR ERLANGUNG

DER WÜRDE

EINES

DOKTOR-INGENIEURS

VON

REGIERUNGSBAUMEISTER RICHARD WREDEN
AUS GEESTEMÜNDE (HANNOVER)

GENEHMIGT VON DER
TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU HANNOVER

REFERENT: STAATSBURAT PROF. O. FRANZIUS
MITREFERENT: GEH. BAURAT DR.-ING. L. HOTOPP.

SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH

1919

VORLÄUFER UND ENTSTEHEN DER KAMMERSCHLEUSE, IHRE WÜRDIGUNG UND WEITERENTWICKLUNG.

EINE KRITISCH-TECHNISCHHISTORISCHE THEORIE
DES „WIE“ DER ENTSTEHUNG UND ENT-
WICKLUNG DER KAMMERSCHLEUSE
– ALS BEITRAG ZUR GESCHICHTE DER TECHNIK.

SCHRIFT ZUR ERLANGUNG

DER WÜRDE

EINES

DOKTOR-INGENIEURS

VON

REGIERUNGSBAUMEISTER RICHARD WREDEN
AUS GEESTEMÜNDE (HANNOVER)

GENEHMIGT VON DER
TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU HANNOVER

REFERENT: STAATSBURAT PROF. O. FRANZIUS
MITREFERENT: GEH. BURAT DR.-ING. L. HOTOPP.

SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH

1919

Diese Arbeit wird erscheinen in den „Beiträgen zur Geschichte der Technik und Industrie“. Jahrbuch des Vereines Deutscher Ingenieure. 1919. 9. Band.
(Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH.)

ISBN 978-3-662-31771-6
DOI 10.1007/978-3-662-32597-1

ISBN 978-3-662-32597-1 (eBook)

Deutschem Aufstieg, seinem Geiste und seiner Tatkraft
in Technik, Schiffahrt und Handel
zu eigen.

„Die psychische Maschine ist zu betrachten als eine in den Organismus hineingesetzte ‚kraftersparende‘ Maschine, um seine ‚Bewegungen‘ möglichst zweckmäßig, d. h. rasch, elegant und mit geringstem Kraftaufwand vollziehen zu können. Die Psyche ist eine stets sich selbst vervollkommnende Maschine, um die ‚lebenerhaltenden Bewegungen‘ des Organismus sicher, rasch und billig auszuführen.“

Hans Vaihinger,
„Die Philosophie des Als-Ob“.

Inhaltsangabe.

	Seite.
Vorwort	5
Die Vorläufer der Schifffahrt mit Schleusen	7
Der ältere Schleusenbau Hollands:	
technisch	9
historisch	12
Das Ergebnis:	
historisch	16
technisch	16
Der Übergang von der einfachen zur doppelten Stauschleuse als Vorläufer der Schleppzugsschleuse in Deutschland	17
Kanal- und Flußschifffahrt	17
Die Stecknitzfahrt	18
Die Schleusen der Alsterfahrt	22
Die Saaleschifffahrt	22
Das Ergebnis:	
historisch mit Zusatz über den deutschen Ritterorden	23
technisch	24
Der Übergang von der einseitig (unterhäuptig) geschlossenen Muschelschleuse (Conca) in Italien zur Kammerschleuse	24
Allgemeines	24
Die Schleuse zu Governolo (1188 und 1394)	25
Die Schleuse zu Strà bei Padua (1481)	25
Die Schleuse zu Viarena (1388)	25
Einrichtung, Betrieb und Vergleich der Muschelschleuse mit der Kammerschleuse	26
Leone Battista Albertis Vorschlag zu einer Kammerschleuse (1452)	29
Leonardo da Vincis Anteil an der Erfindung und Vervollkommnung der Muschel- bzw. Kammerschleuse	29
Das Ergebnis:	
historisch	31
technisch	31
Zusammenfassendes Ergebnis der alttechnischen Geschichte des Schleusenbaues	32
Die technische Würdigung der Muschel- und Kammerschleuse	33
Die Durchgangskammerschleuse	36
Die Weiterentwicklung der Kammerschleuse	38
Zusammenfassung	41
Literaturverzeichnis, Teil I	43
Literaturverzeichnis, Teil II	44
Literaturverzeichnis, Teil III	46

Vorwort.

Die vorliegende Arbeit ist das Ergebnis eines zweijährigen Studiums der Literatur des Schleusen- und Wasserbaues (einschl. Zeitschriften) und einer Studienreise nach Holland, Paris und London. Die vorzüglichsten Dienste leistete die Königliche Bibliothek in Berlin, deren umfangreiches Material an holländischer und italienischer Literatur es dem Verfasser ermöglichte, die historischen Nachforschungen zu einem wissenschaftlichen Ergebnis zu führen.

Nicht unerhebliche Schwierigkeiten beim historisch-technischen Durchforschen des hier vorliegenden Gegenstandes ergaben sich — insbesondere für den Nicht-historiker — aus der Unbeholfenheit des mittelalterlichen Lateins, Holländischen und Italienischen, in der vielseitigen Deutung, deren das Wort „Schleuse“ im Altholländischen fähig ist, wobei Druckfehler im Text und in den Stichen die Unklarheiten erhöhen, sowie in dem Umstand, daß die älteren Wasserbauwerke verlorengegangen oder durch neue ersetzt worden sind.

Der von Hans Vaihinger in seiner „Philosophie des Als-Ob“ geprägte, der Arbeit vorangestellte Satz kennzeichnet die Psyche als „Maschine“ und damit ihren Entwicklungs- und Vervollkommnungsgang als den aller Maschinen, also auch der Kammerschleuse, wie er historisch auch ermittelt wurde. Das im Organismus „Lebenerhaltende“ wird im Schleusenwesen zum „Schiffahrterhaltenden“, wobei der integrierende Zusatz des Sichselbstvervollkommnens sowohl bei der Psyche als bei der Kammerschleuse als ein durch stete Erfahrungen sich selbst treibender Entwicklungsgang aufgefaßt werden kann.

Wenige Grundgedanken beherrschen die Entwicklungsstufen der Kammerschleuse und Technik überhaupt und sind, trotz des laufenden Wechsels ihrer äußeren, dem jeweiligen Stand der Technik angepaßten Formen, immer wieder zu erkennen, wie es die vorliegende Arbeit zeigt.

Der heutige Stand der Technik, d. h. ihre jeweils relative Vollkommenheit, ermöglicht die Umgestaltung einstmaliger Nachteile unvollkommener Technik zu Vorteilen unter technisch und wirtschaftlich gegebener Umwertung. Die Möglichkeit, aus der Kenntnis derartiger Umwertungen neue Beziehungen und Wirkungen zu schöpfen und entstehen zu lassen, charakterisiert — allgemein — ihren Wert als einen historisch bedingten gegenwärtigen oder mehr zukünftigen. Seinen jüngsten Ausdruck findet er — beispielsweise — in den beiden, noch nicht in die Praxis umgesetzten Gedanken, daß es — aller Begleiterscheinungen ungeachtet — heute theoretisch möglich ist, Schiffe ohne Wasserverlust (aus der Kammer) oder ohne Zeitverlust (aus dem Schleusenvorgang) zu schleusen.

Aus solch innerem Werte historisch-technischer Zusammenhänge heraus dürfte die Technik, gerade wegen unseres heutigen Rückschlages, noch weite Erkenntnisse schöpfen können.

Herrn Geh. Baurat Prof. Dr.-ing. Hotopp, dem ich die Anregung zu einer Geschichte des Schleusenbaues verdanke, und Herrn Staatsbaurat Prof. Franzius

spreche ich für ihre reiche Mitarbeit meinen aufrichtigen Dank aus, den ich hiermit auch Herrn Studienrat Dr. Wolfermann, Hannover, für die nachträgliche druckreife Übersetzung lateinischer Stellen, sowie dem Herausgeber des Jahrbuchs des Vereins deutscher Ingenieure, Herrn Prof. Conrad Matschoß, Berlin, der Redaktion der Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie und der Verlagsbuchhandlung von Julius Springer, Berlin für die vorzügliche Drucklegung und Ausstattung der Arbeit ausspreche.

Die Drucklegung der nach Kriegsende umgearbeiteten Arbeit verzögerte sich durch den Krieg um $4\frac{1}{2}$ Jahre.

Wreden.

Die Vorläufer der Schifffahrt mit Schleusen.

Das natürliche Mittel, einen Fluß auf eine gewisse (begrenzte) Strecke zu Schifffahrtzwecken anzustauen, ist die Anlage eines den Wasserabfluß sperrenden, den Fluß in seiner ganzen Breite durchquerenden Dammes, wie es bekanntlich seit tausenden von Jahren und später besonders im Mühlenbau weitgehendste Anwendung gefunden hat, wobei vorwiegend örtliche Sonderinteressen zum Bau dieser Staudämme führten.

Das im Gemeinschaftssinn liegende und sich aus ihm zunehmend entwickelnde Bedürfnis gegenseitigen Güteraustausches suchte diese Hindernisse zu umgehen und behalf sich, solange keine bequemeren Einrichtungen bekannt waren, durch eine Teilstreckenschifffahrt (Abb. 1). Sie gestattete die Benutzung der vorhandenen natürlichen Wasserläufe, die durch die Querdämme in unterschiedlich stehende Kanäle geteilt waren.

Diese ursprünglichste Art des Schifffahrtbetriebes hat sich längere Zeit erhalten, so in Holland z. B. auf dem Vaartschen Rhijn bei Gein bis 1310 und bei Vreeswijk bis 1373 und in Deutschland z. B. auf der Saale. Die Güterbeförderung auf der Saale nahm im 13. und 14. Jahrhundert zu und wurde bis zum Bau der ersten steinernen Kammerschleuse zu Bärenburg im Jahre 1569 zwischen den Mühlen dämmen durch 20 Schiffe unterhalten. Diese fuhren von einem Damm zum anderen. Die Güter (vorwiegend Salztonnen) wurden hier ausgeladen, über den Damm gebracht, in ein anderes Schiff geladen und mit diesem bis zum nächsten Damm gefahren, wobei das entladene Schiff zurückblieb. Das Umladen wiederholte sich auf der Saale bis zur Elbe hin viele Male. Ebenso auf der Ruhr, wo zahlreiche natürliche und künstliche Stauwehre (Schlachten) die Schifffahrt erschwerten. Die mit Steinkohlen beladenen Schiffe fuhren von Schlacht zu Schlacht und wurden 10- bis 15 mal in ein unterhalb desselben liegendes Schiff umgeladen.

Eine erhebliche Erleichterung bot bereits die Benutzung eines auf dem Damm stehenden drehbaren Kranes, wie er in Holland früher vielfach üblich war (vgl. Abb. 2). Die Güter wurden mit dem Kran umgeladen; das entladene Schiff blieb in der Haltung und fuhr neu beladen oder leer die Teilstrecke zurück.

Zeitverlust infolge des Umladens und des Wartens der Schiffe aufeinander, Verschlechterung der Güter und Arbeitsaufwand sind die Nachteile der Teilstreckenschifffahrt. Die Güter verloren auch während des für sie nachteiligen und sie den Wit-

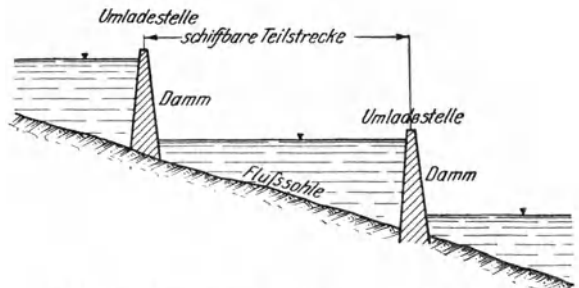


Abb. 1. Teilstreckenschifffahrt mit Staudämmen. Umladen der Schiffe.

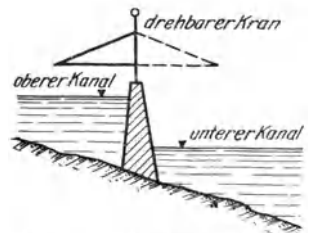


Abb. 2. Umladen durch drehbaren Kran für Teilstreckenschifffahrt.

terungseinflüssen preisgebenden Umladens an Gewicht, wie z. B. die auf der Ruhr verschifftete Kohle, die beinahe pulverförmig am Bestimmungsort ankam. Die Teilstreckenfahrt konnte mit Vorteil nur angewandt werden, wenn die Schiffe auf der Hin- und Rückfahrt beladen waren. In älteren Zeiten ging aber der Gütertransport überwiegend nur in einer Richtung. Die Schiffe blieben daher auf der Rückfahrt unbeladen.

Durch die Staudämme wurde die Wasserbahn unterbrochen. Wollte man die mit der Teilstreckenfahrt verbundenen Nachteile beseitigen, so mußte also an ihnen irgendeine Einrichtung getroffen werden, die die Wasserbahn wieder herstellte.

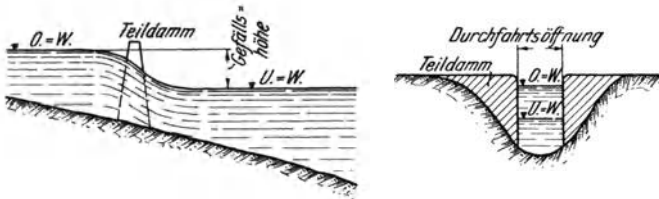


Abb. 3 u. 4. Ständig offene Schifffahrt mit Fahrt auf Strömung.

Man beließ einfach in dem Damm eine unverschlossene Öffnung, durch die das Wasser ohne Unterbrechung aus der oberen in die untere Haltung floß (Abb. 3 u. 4). Diese „ständig offene Schifffahrt“ war eine „Fahrt auf Strömung“.

Die Staudämme mußten dabei in kurzen Abständen angelegt werden, da die hierdurch erreichte Stauhöhe nur gering sein durfte, um keine zu großen Gefällshöhen zu erhalten. Sie finden sich daher seltener und wohl nur auf Kanälen, wie z. B. auf den Torfkanälen in der Umgegend Bremens, heute noch als besondere Art von Klappenwehren¹⁾.

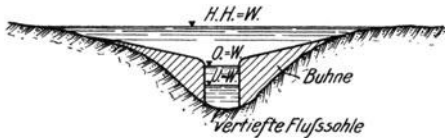


Abb. 5. Teildamm bei Hochwasser.

Bei wasserarmen Flüssen und deren ungleichen Zuflußmengen wurde, um durch Stauen des Wassers die schiffbare Wassertiefe zu erhalten, in die unverschlossene Durchfahrtsöffnung (Abb. 4) ein den Abfluß zeitweilig regulierender Verschluss eingebaut.

Die ersten derartigen vollkommeneren Stauvorrichtungen sind — abgesehen von den einfachen Balkenverschlüssen, wie sie vorzugsweise bei den Inundations-schleusen der Festungen angewandt wurden — die sog. Stauschleusen, auch Wasserlösen oder Schiffsdurchlässe genannt.

In Europa wurden sie zu Schifffahrtzwecken in Deutschland auf der Stoer und Elde in Mecklenburg, auf der Alster bei Hamburg und auf der Stecknitz zwischen Lübeck und dem Möllner See, in England auf der Oberthemse, in Frankreich auf der Lys, Charente und Yonne (Seine) gebaut.

Häufig dienten die durch Stau- bzw. durch Kammerschleusen regulierten Wasserwege — wie vielfach auch heute noch — zur Wiesensbewässerung, so in Italien der Naviglio grande, der Kanal von Pavia nach Mailand, in Deutschland der oberhalb Lingen abzweigende Emskanal, durch den ein Teil des Ochsenbruches bewässert wird, oder zur Wasserversorgung, wie der Kanal de L'Ourcq, der Paris mit Wasser versorgt und auch kleinere Schiffe trägt, oder zur Entwässerung von

¹⁾ Gibt man obigen Teildämmen eine kleinere Höhe, so daß die überschüssigen Wassermengen bei starken Anschwellungen darüber hinwegfließen können, ohne schädliche Überschwemmungen zu verursachen, so erhalten wir als Abart eine gerade in unserer Zeit verbreitete Anwendung zur Vertiefung der Fahrrinne eines Stromes: den Bühnenbau (Abb. 5).

Torfmooren, wie die Entwässerungskanäle in Holland, Ostfriesland, Oldenburg und im Bremischen.

Eine der eigenartigsten Erscheinungen des primitiven Schiffahrtsbetriebes, die des historischen Interesses wegen hier erwähnt wird, beschreibt eine Denkschrift über die Memel vom Jahre 1861. Mit Bezug auf die Gilgefahrt wird darin u. a. gesagt:

„Mitunter helfen sich die Schiffer, sobald sie zu mehreren eine flache Stelle nicht passieren können, auch dadurch, daß sie ihre Kähne in einer Doppelreihe nebeneinander festlegen, um dadurch zwischen denselben eine Strömung zu erzeugen, durch welche sich die nötige Fahrtiefe in verhältnismäßig kurzer Zeit einstellt“.

Wenngleich die Idee, statt fester Stauwerke die Schiffe selbst als solche zu benutzen, mithin ein örtlich-zeitiges Stauwerk zu bilden, überaus sinnreich ist, hat sie eine allgemeinere Anwendung nicht gefunden, da die Voraussetzung, daß mehrere Schiffe sich gleichzeitig an der seichten Stelle sammeln, nur selten zutrifft und die durch ihre Verengung des Flußquerschnittes bewirkte Sohlenvertiefung auf Kosten einer längeren Fahrtdauer der Schiffe erzielt wird. Zudem würde — bei prinzipieller Durchführung solcher örtlichen augenblicklichen Sohlenvertiefungen — nur eine einfache Verlegung und damit unter Umständen eine zunehmende Verschlechterung des Flußbettes erreicht. Die unerläßliche Voraussetzung für eine regelmäßige Schifffahrt und Steigerung der Tragfähigkeit und des Verkehrs ist aber eine gleichmäßige Flußregulierung, deren Einwirkung auf das Gesamtgefälle des Flußlaufes und auf lange Zeit im voraus berücksichtigt worden ist.

Der ältere Schleusenbau Hollands.

Technisch.

Die natürlichen Verhältnisse eines Planeten bedingen, daß man künstliche Wasserstraßen horizontal als Kanäle und nicht mit Gefälle als künstliche Flußläufe baut, ausgenommen jene Fälle, in denen es sich nur um die Verlegung eines Flußbettes handelt.

Kaum ein anderes Land war — gerade in alten Zeiten — so sehr auf den Bau künstlicher Wasserwege angewiesen wie Holland, dessen zahllose wenig oder gar nicht geneigte Entwässerungskanäle gleichzeitig der inneren Schifffahrt dienen. Ihre Höhenlage ist je nach Größe der Zuflußmengen aus den verschiedenen großen Entwässerungsbezirken nicht überall gleich. Die Überleitung, zum wenigsten die der größeren Hauptkanäle, ineinander oder in einen Fluß oder in die See setzte Einrichtungen zur Abfluß- und seeseitigen Zuflußregulierung voraus. Hierbei wird die Erhaltung einer konstanten Höhe des Kanalwasserspiegels durch die Rücksichtnahme auf die Schifffahrt und im Sommer auf das Austrocknen der Torfmoore und der Viehtränken (wie im Polder Zyp) notwendig.

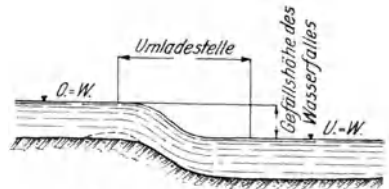


Abb. 6. Treckschüttenfahrt.

Die für kleinere Gefälle häufigere Einrichtung der „Treckschüttenfahrt“ (Abb. 6) entspricht der eingangs beschriebenen Teilstreckenfahrt mit dem Unterschiede, daß die Schiffe nicht am Damm, sondern am Ufer ent- und beladen und die Güter statt über den Damm über Land verladen wurden, wodurch die Nachteile des Arbeits-

aufwandes und Zeitverlustes größer als bei der Teilstreckenfahrt waren. Auch hier hatte der obere und der untere Kanal seine eigenen Fahrzeuge, wobei die entladenen Schiffe zurückblieben.

Die Nachteile der Treckschüttenfahrt machten sich mit steigendem Verkehr, der vorwiegend nur in einer Richtung den Gütertransport vermittelte, zunehmend

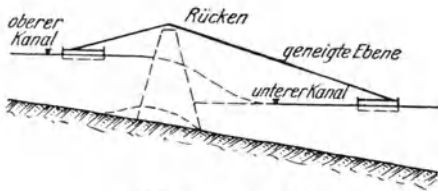


Abb. 7. Rollbrücke.

fühlbar. Sie führten in Holland zur Anwendung der „Rollbrücken“ (im Sinne der damaligen — nicht heutigen — sprachlichen Bezeichnung, holländ. *overtoom, overdragt*), die aus zwei geneigten Ebenen, häufig auf mit dem Wasser steigenden und fallenden Schiffen ruhend, bestanden und über die „kleinere Kähne“ hinweggezogen wurden (Abb. 7)¹⁾.

Während Holland die „Rollbrücken“ überhaupt nur bei kleinen Gefällen zum Überziehen der Marktschiffe anwandte, baute es bei größeren Gefällen Schleusen.

Holland baute vornehmlich drei Arten von Schleusen:

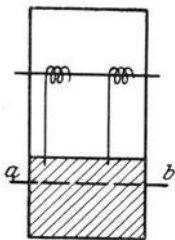


Abb. 8. Schleuse zum Räumen und Vertiefen der Häfen mit aufziehbarer Schleusentür.

1. Zum Räumen und Vertiefen der Häfen mit aufziehbarer Schleusentür (Abb. 8). Durch Hochziehen des Schützes bis zur Höhe $a-b$ wurde dem Binnen oder Außenwasser ein plötzlicher Wasserdurchfluß und damit die Räumung und Vertiefung des Hafenbeckens ermöglicht.

2. Sielschleusen mit Stemmtüren (*puntdeuren, swaey- oder steecdeuren* (Abb. 9). Sie liegen unter dem Deich. Ihre Türen öffnen und schließen sich bei Ebbe und Flut von selbst.

Beide Schleusenarten gestatteten den Schiffen mit stehenden Masten keine Durchfahrt. Diese ermöglichte

3. die Kammerschleuse, deren Stemmtore nicht unter dem Deich, sondern in gleicher Höhe mit ihm liegen, um die Flut abzuhalten.

¹⁾ Ihre Anwendung erschien gegenüber Schleusen vorteilhaft, da sie kein Wasser verbrauchten. Aus diesem Grunde schlug sie Cornelius Meyer für Italien und Sturm für Deutschland als besonders geeignet vor.

Rollbrücken waren billiger als Schleusen und daher auch bei wenig lebhafter Schifffahrt, wie in Deutschland, mit Vorteil anzulegen, da es möglich war, jedes einzelne Schiff hinüberzuziehen und so das zeitraubende Warten auf Wasserneuanisammlungen einzuschränken. Auch gestatteten sie die Ausschaltung der die Schifffahrt so nachteilig unterbindenden verschiedenen Mühlenansprüche, die in Deutschland im Gegensatz zu Holland, wo der Windmühlenbetrieb die Schifffahrt nicht beeinträchtigte, besonders zahlreich waren.

Jedoch haben die Nachteile des mühsamen und zeitraubenden Überziehens und des leichten und der Ladung schädlichen Leckwerdens der Schiffe der Rollbrücke in Deutschland trotz des Sturmschen Vorschlages keinen Eingang gewährt.

Auch in Holland selbst verließ man ihre Anwendung, da für Holland die Vorteile mit zunehmender Schifffahrt abnahmen. Die höheren Baukosten der Kammerschleuse gegenüber der Rollbrücke brauchte Holland, dem die rege Schifffahrt, im Gegensatz zu Deutschland, wo der Schiffsverkehr nur unbedeutend war, hohe Einkünfte brachte, nicht zu meiden; desgleichen nicht den der Kammerschleuse eigenen geringen Wasserverbrauch, da er auf den Windmühlen- und Schifffahrtsbetrieb ohne Einfluß war. Dagegen wurde die häufige Benutzung der Rollbrücken diesen selbst und besonders den Schiffsgefäßen nachteilig und machte ihren Betrieb unwirtschaftlicher als den einer Schleuse.

Die verjüngte Form der Rollbrücke ist die „schiefe Ebene“, die infolge Anwendung eines Wassertransportwagens und vollkommenerer Bewegungsmechanismen die der Rollbrücke anhaftenden Nachteile im wesentlichen vermeidet, unter Beibehaltung des Vorteiles, keinen direkten Wasserverbrauch zu haben.

Abb. 10 zeigt die älteste uns überlieferte holländische Zeichnung der Kammerschleuse nach Stevin, der dazu folgende Beschreibung gibt:

„daer of teerste paer deuren is *A*, het tweedde paer *B*, vervanghende tusschen beyden een kolc, sas of verlaet, met twee waterloopkens inde sijmueren ghewrocht, diemen slecken noemt, als *C D E* en *F G H*, hebbende elc een Sluysdeurken“¹⁾.

Nachdem Stevin von Türen, die sich mit Flut und Ebbe von selbst heben bzw. auf ihr Fundament legen, und von Türen, welche man zur Seite ins Land zieht — Verschußformen, die wir als Vorläufer der heutigen Klapp- und Schiebetore ansehen müssen —, gesprochen hat, fährt er fort:

„Tot hier toe is verhaelt' tghene over lanc int ghebruyc heeft gewheest, om daer me grondelicker den nieuwen vondt te verklaren, als volght“²⁾.

Danach waren also Kammerschleusen mit vorherigem Wasserausgleich durch Umläufe bereits „lange Zeit“ vor 1600, dem Jahre der Drucklegung der *Operum mathem.* des bedeutenden Mathematikers Stevin, in Gebrauch. Die von späteren Schriftstellern häufig zitierte Angabe Belidors, dessen umfangreiches Werk „*Architectura hydraulica*“ bis in das 19. Jahrhundert grundlegend blieb, daß die Kammerschleuse um 1600 erfunden sei, da Stevin von ihrer neuen Erfindung um 1600 geschrieben habe, beruht offensichtlich auf einem Irrtum oder auf ungenauer Übersetzung der französischen Ausgabe des Stevinschen Werkes von Girard, die Belidor zur Hand hatte und in der die Überschrift des I. Kapitels „*De la nouvelle invention des écluses*“ lautet.

Nummehr erst, nachdem er von den bis auf seine Zeit hin in Holland seit langer Zeit gebräuchlichen drei Schleusenarten gesprochen hat, geht Stevin auf seine neue Erfindung (*la nouvelle invention des écluses*) ein, die lediglich eine Verbesserung der Stemmtore mit Drehspindel, wie sie Adrian Janssen bei der Schleuse zu Briel zuerst ausgeführt hatte, darstellt. Stevin bildet jedes Stemmtor in der in Abb. 8 dargestellten Weise aus, indem er statt einer Drehklappe mit lotrechter Spindel ein das Stemmtor voll ausfüllendes, aufziehbares Schütz anordnet, wodurch er eine kräftigere Spülwirkung als bei den Drehklappen erreicht.

Diese Art Spülschleusen — *spilsluijsen* — (Abb. 11) fanden vielfache Anwendung. So z. B. im Festungsbau bei den Festungswerken der Stadt Amsterdam, deren Festungsgräben einen schiffbaren Kanal bildeten, der östlich und westlich mit

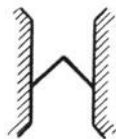


Abb. 9. Sielschleuse mit Stemmtüren.

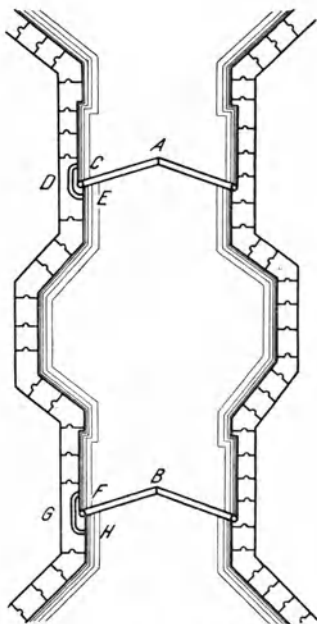
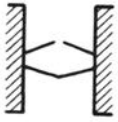


Abb. 10. Älteste Form der Kammerschleuse in Holland.

¹⁾ „Deren erstes Paar Türen *A* ist, das zweite Paar *B*, zwischen beiden eine Schleuse (kolc, sas oder verlaet) bildend, in deren Seitenmauern man zwei kleine Wasserläufe anbringt, die man „slecken“ nennt, wie *C D E* und *F G H*, die jedes eine kleine Schleusentür haben“.

²⁾ „Bis hierher ist von dem erzählt, was seit langem in Gebrauch gewesen ist, um dadurch um so gründlicher den neuen Fund zu erklären, wie folgt.“

dem Y und südlich mit dem Amstelfluß in Verbindung stand. Auch um die Fahrten zwischen zwei Inseln oder zwischen einer Insel und dem Festlande, wie z. B. die Nieuwerhavensche Fahrt längs Cadsandt und Groe, durch Spülung offen zu halten und zu vertiefen, ohne die Schifffahrt zu behindern (Abb. 12).



Die Wirkungsweise ist folgende:

1. Ist in der Fahrt Hochwasser, dann werden die Tore *G* und *F* geschlossen und bei Ebbe abwechselnd geöffnet.

2. Ist in der Fahrt Ebbe, so werden die Tore *E* und *H* geschlossen und bei Hochwasser abwechselnd geöffnet, wobei der Sand erst mit der Ebbe (Vorgang unter 1) fortgeräumt wird.

Die zweite Gebrauchsanwendung dient also lediglich zur Erhöhung der Wirkung der ersten.

Historisch.

Die in der flachen Beschaffenheit des ebbe- und flutbespülten Landes liegende Notwendigkeit, den Austritt der Binnenwässer zu regulieren, bestand für Holland mit Beginn der Bedeichung. Diese setzte vor 1100 ein.

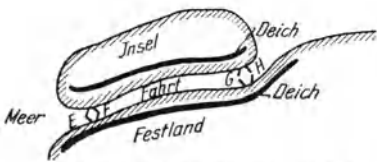


Abb. 12. Spülschleusen für die Nieuwerhavensche Fahrt.

Eine der ältesten Urkunden über die Anlage eines künstlichen Wasserweges mit Stauvorrichtung ist die im Jahre 1155 vom Bischof von Utrecht an die Bewohner von Lobeke (am Lauwersee im Norden von Groningen) erteilte Erlaubnis, einen Kanal und eine Schleuse zu bauen. Von einer Schifffahrt wird

darin nicht gesprochen. Ohne Frage aber entwickelte sie sich mit der Anlage von Kanälen.

Der Gedanke einer Schifffahrtsschleuse findet sich nachweislich bereits 1243 (vgl. S. 14).

Für den Schleusenbau bestehen in Holland zwei getrennte Entwicklungsgebiete:

1. Schleusen (Deich-, Siel-, Seeschleusen) im Bereich der Ebbe und Flut mit dem zweifachen Zweck, das Land gegen Überschwemmungen zu schützen und die Schifffahrt zu ermöglichen.
2. Schleusen (verlaate) im Bereich der Binnenschifffahrt, um in den Kanälen die schiffbare Wassertiefe zu halten.

Der von Büsch (vgl. auch Verhandeling over de Verbetering der outlasting van Rhijnlandts Boezemwater) und auch von Wiebeking vertretenen Ansicht, daß die Fahrt aus den Kanälen in das Y und aus dem Y von Amsterdam direkt nach Haarlem bei dessen hoher Flut nicht möglich gewesen wäre, da z. B. die Flut aus dem Y nicht in den Spaarnefluß treten durfte, und der daraus gezogenen Folgerung, daß diese Schleusen unbedingt Kammerschleusen gewesen sein müssen, kann nicht bzw. nur beschränkt zugestimmt werden. Denn es ist sehr wohl denkbar, daß man sich anfangs mit einer nur zeitweilig möglichen Schifffahrt beholfen und bei fallendem Wasser im Y dessen Wassergleichstand mit den Kanälen abgewartet hat, um die Schiffe durch einfache Schleusen durchfahren zu lassen. Der Binnenwasserstand ließ sich dabei durch Einschränkung auf günstige Tidezeiten regulieren.

Schon 1244 sind Zollsätze zwischen Utrecht und Lübeck festgelegt worden. Und gerade in den folgenden 50 Jahren hat die Schifffahrt durch die Handelsbeziehungen mit der Hansa einen raschen und kräftigen Aufschwung genommen.

Eine derart rege Schifffahrt läßt zweifelsohne nur eine geringe zeitliche Beschränkung durch den Schleusenbetrieb zu, so daß man das frühzeitige Bedürfnis nach einer Kammerschleuse, um eine ununterbrochene, von den Tiden unabhängige Schifffahrt zu ermöglichen, gerade in jener Zeit hochentwickelter Handelsbeziehungen anerkennen muß.

Ob nun die Kammerschleuse in Holland aus der einfachen Schleuse allmählich entstanden ist oder ob sie — und dann auch sehr früh — gleich als solche angelegt wurde, darüber fehlt in der hier aufgeführten Literatur jeglicher Anhalt.

Die zahlreichen Urkunden und Belege über die älteren in Holland ausgeführten Schleusenbauten erschweren durch ihre verschiedenen Bezeichnungen wie „sluijs, colck, verlaet, schuttinghe“ außerordentlich ihre Feststellung als Kammerschleuse, da die Beschreibungen der Bauwerke unklar sind oder, soweit sie in Händen von Interessengemeinschaften oder Genossenschaften waren, fehlen.

Auf Grund des aus dem Literaturverzeichnis gesichteten Materials soll nachstehend der Nachweis versucht werden, wie weit der Bau der älteren Schleusen in Holland zurückreicht und inwieweit es mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit zulässig ist, in Anlehnung an die im Vorstehenden gemachten technischen Darlegungen auf eine Kammerschleuse zu schließen.

Die von Stevin um 1600 gegebene Beschreibung einer Kammerschleuse ist einwandfrei durch Schrift und Zeichnung belegt (vgl. S. 11). Ob die von ihm gebrauchten Wortbezeichnungen bereits 400 Jahre vorher die gleiche oder eine andere Bedeutung gehabt haben, darüber fehlen in den hier aufgeführten Literaturen gleichfalls klare Belege, da sie genauere Beschreibungen oder Worterklärungen jener Zeit nicht enthalten. Diese Nachforschungen wären auch die Aufgabe der Etymologie bzw. der Terminologie.

Stevin bezeichnet das Wort „Kammer“ als „kolc, sas of (oder) verlaet“.

In gleichem Sinne werden diese Bezeichnungen z. B. in einem alten holländischen Wörterbuch von Halma (1710) und bei Büsch, einem gründlichen Kenner des holländischen Wasserbaues, gebraucht.

Nach Halma bedeutet „verlaet“ ein Siel und „sluijs“ wiederum ein „verlaet, waterschutting“, wobei er bemerkt: „De sluijsen zijn gemeenlijk met dubbele schutdeuren vorzien“¹⁾.

Nach Büsch werden kleine Stauschleusen (Schleuse mit Fallschütz) als „waterkeeringen“ bezeichnet, die uns in den älteren Dokumenten häufig begegnen. Hierdurch wird die Wahrscheinlichkeit, daß die als „verlaate“ bezeichneten Schleusen Kammerschleusen waren, erhöht, um so mehr, als Büsch, dessen Angaben hoher Wert beizumessen ist, folgende präzise Erklärungen darüber gibt:

„Verlaate“ heißen die kleinen hölzernen Kammerschleusen, welche die Hauptbusen von denjenigen inneren Kanälen oder Leitbusen, die zur Schifffahrt dienen und welche auch vaarten genannt werden, abschließen. Die größten Entwässerungsgräben, längs denen man gewöhnlich die Häuser anlegt, dienen dann zugleich zu Kanälen für kleinere Boote und heißen Fahrten. Sie stehen dann öfter, in Holland, mit den Hauptschiffahrtskanälen mittels hölzerner Kammerschleusen (verlaate genannt) in Verbindung.“

Aus dieser Aufzeichnung ersieht man, daß die verlaate die auf den Binnenschiffahrtskanälen übliche Schleusenform waren, wie es auch aus den Darlegungen Stevins hervorgeht, wonach die verlaate (Kammerschleusen) ihre verbreitetste

¹⁾ „Die Schleusen sind im allgemeinen mit doppelten Schüttüren versehen.“

Anwendung auf den Torfkanälen (venen oder vaarten genannt) fanden. Sie hatten — nach Stevin — den Zweck, torfbeladene Schiffe in die See oder in Flüsse oder sie von dort nach anderen Orten fahren zu können oder die Torfmoore auszutrocknen. Da letzteres die Fahrten oft zu trocken machte, wurden an verschiedenen Plätzen (tot verscheyden plaetsen) „verlaaten“ angelegt, um das Wasser aufzuhalten, ohne die Schifffahrt zu behindern. Bei hohem Wasserstand verwendete man das Wasser zum Spülen der seichteren Fahrten.

Der Bau der verlaate reicht nachweislich bis 1200 zurück, wo bereits verschiedene in den Dämmen der Flüsse, nach denen die Orte ihre Namen erhielten, wie Amstelredam, Sparendam usw., angelegte „sluizen of verlaaten“ erwähnt werden.

Auch die um 1300 zur Ableitung des Stadtgrabens erbaute, unter dem See-
deich durchlaufende „kolck sluifs“ ist — nach Stevinscher Bezeichnung — als Kammerschleuse aufzufassen entsprechend den Sielen, die aus Sicherheitsgründen doppelt verschlossen sind. Die Verschlüsse liegen zu beiden Seiten des Deiches, damit sie jederzeit bequem bedient und ausgebessert werden können. Um den inneren, unter dem Deich liegenden Teil (die Kammer) ausbessern zu können, wird die Höhe solcher Abwässerungsschleusen so bemessen, daß eine Kahnfahrt (z. B. für den Schleusenwärter) hindurchgehen kann. Dann konnten auch Schiffe mit niederlegbaren Masten, wie sie in Holland üblich waren, durchfahren. Noch 1650 findet sich eine besondere Erwähnung, wonach das zweite Tor der auch von Schiffen befahrenen Bulbaksschleuse des Nachts geschlossen wurde; daraus geht auch der Sicherheitszweck des zweiten Verschlusses (als Nottür bezeichnet) hervor.

In zahlreichen Erlassen wird der Bau von „spoyen, verlaaten ende deurvaerten“ nebeneinander erwähnt. Es ist offensichtlich, daß jedes eine andere Bedeutung hat, wobei das Wort „sluifs“ oftmals sowohl das eine wie das andere bedeuten kann.

Mit „deurvaert“ wird ein einfacher Schiffsdurchlaß bezeichnet.

Die Nachrichten über das Wort „spoya“ reichen bis 1243 zurück, wo es in einem alten Pergament aus dem Ardenburger Archiv als „speia et slusa“ erwähnt und wie folgt erklärt wird:

„Speia — Est porus elix vel canalis, vernacule spine, cataractis vel Slusa praeclusus“¹⁾.

„Speia“ ist nach dieser Erklärung also nichts anderes als ein Stück Kanal oder ein Wasserdurchgang, mit anderen Worten ein Wasserpaß, im Gegensatz zu dem sonst üblich gewesenen Landpaß der Treckschüttenfahrt und „Rollbrücke“. Den Verschuß bildete eine Schleuse, deren Breite und Tiefe — so wird man folgern müssen — so groß waren, daß sie schiffbar war, d. h. von Schiffen durchfahren werden konnte.

Die vorerwähnte Worterklärung für „speia“ aus dem Jahre 1243 stößt nun auch den in der Wasserbauliteratur wie kaum ein anderes Bauwerk immer wieder als ältesten Kammerschleusenbau erwähnten, 1253 erlaubten und 1285 ausgeführten Bau der Schleuse zu Sparendamm um.

¹⁾ „Speia — das ist ein Wasserdurchgang oder Kanal, in der heimischen Sprache auch Dorn (spine) genannt, durch Wasserfälle oder eine Schleuse verschlossen.“

Weiter wird darin bestimmt, daß die lichte Weite der Brücken gleich der Durchfahrtsweite der Schleuse und auch die Höhe bei beiden gleich sein solle, „damit die Schiffe beim Durchschleusen an der Jochbrücke nicht gehindert werden“. Die Stelle lautet im Original: „Item tanta debet esse latitudo et altitudo inter iuga pilarum pontium quanta erit inter postes sluse / ut naves per slusam transeuntes ad pontes non impediuntur /“.

F. W. Conrad erwähnt die Schleuse zu Sparendamm in seinem Buche „Verspreyde Bijdragen“ als älteste Schiffahrtsschleuse, deren Ausführung eine Verordnung des Grafen Wilhelm II. (nachher zum deutschen Kaiser gewählt) zu Leiden, den 5. April 1253 gegeben, vorausging, in der gesagt wird:

„... et fieri faciennus transmeatum quendam aquarum (qui „Spoya“ vulgariter appellatur) vel foramen, hab per quod majores naves cum suis oneribus possint de facili pertransire in Dampno apud Sparnam.“

Die hieraus von F. W. Conrad auf viele Beweise gestützte Ableitung, daß es sich um eine Kammerschleuse handle, ist nicht stichhaltig. Denn die „Spoya“ wird lediglich als ein Wasserdurchgang oder Öffnung (transmeatum quendam aquarum vel foramen) bezeichnet, durch den größere Schiffe mit ihren Lasten leicht und mühelos im Damm hindurchfahren können (per quod majores naves cum suis oneribus possint de facili pertransire). Den Hauptwert mißt Conrad der näheren Bestimmung bei, daß die Schiffe mit ihren Lasten leicht hindurchgezogen werden können (de facili pertransire in Dampno).

Vergegenwärtigen wir uns nun wieder, daß das Umladen der Schiffe oder das Überziehen über die Deiche die anfänglichen unvollkommenen Schiffahrtsbetriebsformen waren, so erkennen wir deutlich, welchen bedeutenden Fortschritt die Anlage eines einfachen Schiffsdurchlasses, Spoya genannt, darstellt.

Damit fallen die Angaben von Teixeira de Mattos und die weiteren von F. W. Conrad bezüglich der Art der Sparendammer Schleuse aufgestellten Nachweise und besonders der, daß es sich um eine neue Art Schleuse, und zwar um eine Kammerschleuse gehandelt haben müsse, da ihr Bau in einer Verordnung ausdrücklich erlaubt werde. Das wäre, so sagt Conrad, da Schleusen in Holland zu jener Zeit nichts Ungewöhnliches waren, nicht der Fall gewesen, wenn es den Bau einer gewöhnlichen Schleuse betroffen hätte. Aus diesem Grunde und infolge der Einwirkungen von Ebbe und Flut könne es nur eine Kammerschleuse gewesen sein.

Die Folgerung Conrads, daß es sich um eine neuartige Anlage gehandelt habe, ist richtig; jedoch nicht der daraus gezogene Schluß auf eine Kammerschleuse.

Das Neue der Anlage war nicht der Übergang von einer einfachen zur Kammerschleuse, sondern der von der Treckschutenfahrt mit Umladen der Güter oder mit Überziehen der Schiffe über den Damm zur freien Durchfahrt auf einer schiffbaren Wasserverbindung im Deich. An die Stelle des Landpasses war der Wasserpaß getreten.

Das Belassen des Schiffskörpers im Wasser und gleichzeitig das der Güter im Schiffskörper stellen in technischer Beurteilung einen gewaltigen Fortschritt dar gegenüber den älteren Verkehrsformen der Schiffahrt. Einen Fortschritt, der auf die weitere Gestaltung des Schiffahrtsbetriebes gerade für Holland von so einschneidender Bedeutung war, daß der Bau einer Schiffahrtsschleuse, die das mühelose Durchfahren der Schiffe mit ihren Lasten im Damm gestattete, in dem Erlaß ausdrücklich hervorgehoben wurde.

Die älteren Angaben über die Schleuse zu Gouda reichen urkundlich bis 1284 zurück, jedoch besagt eine Verordnung „dat sy de duer leggende in der Gouden Sluys opten Rhyn, uyt doen mogen...“ deutlich, daß es sich um eine einfache Schiffahrtsschleuse (mit „einer“ Tür) handelt.

Die sich an diesen Schleusenbau von Gouda vom Jahre 1284 knüpfenden Angaben einiger Wasserbauer, es handle sich um eine Kammerschleuse, erscheinen damit hinfällig.

Dagegen wird im Jahre 1413 in einer Verordnung des Grafen Wilhelm von Holland, Herzog von Bayern, vom 15. Oktober eine zu Gouda erbaute Schleuse unter dem Namen „Kulck ofte (oder) schuttingen“ genannt. Hieraus kann, da diese Bezeichnungen in den weiteren Urkunden aus jener Zeit häufiger auftreten, und da sie auch heute noch in diesem Sinne gebraucht werden, wohl ohne Bedenken auf eine Kammerschleuse zu damaliger Zeit geschlossen werden.

Historisches Ergebnis.

Das auf Urkunden gestützte historische Ergebnis über den Schleusenbau in Holland ist:

1. Der Kanal- und Schleusenbau reicht nachweislich bis 1155 zurück.
2. 1243 und später bestanden bereits Schiffahrtsschleusen.
3. Die älteren Schleusenbauwerke werden als „sluisen, spoyen, verlaaten, waterkeeringen und deurvaerten“ bezeichnet. Da „sluys“ häufig statt der übrigen Bezeichnungen auch zusammenfassend angewandt wird, ist eine einwandfreie Ermittlung der ältesten Kammerschleusenbauten sehr beeinträchtigt¹⁾.
4. In der Binnenschiffahrt wurden auf den Torfkanälen (veenen, vaarten, grachten) „verlaate“ angelegt. Hierunter sind nach den von Stevin und Büsch gegebenen Erklärungen Kammerschleusen zu verstehen. Ihre Anlage reicht bis 1200 zurück.
5. Mehrere Schiffahrtsschleusen waren schon 1413 unter dem heute in Holland für Kammerschleusen üblichen Namen „Kolk of (oder) schuttingen“ bekannt.

Ob die unter 1—5 genannten Schleusen irgendwelche Einrichtungen zum Wasserausgleich vor dem Öffnen der Tore hatten, ist nicht überliefert.

6. Die erste einwandfreie Beschreibung einer durchgebildeten Kammerschleuse unter gleichzeitiger Nennung von Torschützen und Umläufen als Einrichtungen zum Füllen und Entleeren geschieht um 1600 durch Simon Stevin, nach dessen Angabe sie jedoch schon „lange Zeit“ vorher bekannt war.

7. Eine wissenschaftlich einwandfreie Ermittlung, ob die Wortbezeichnungen „verlaate“ und „kolk of schuttinge“ in der Zeit von 1200 bis 1400 Bedeutungswandlungen durchgemacht haben, ist auf Grund der hier bearbeiteten Literaturen nicht möglich. Sie ist Aufgabe der Etymologie bzw. Terminologie.

Technisches Ergebnis.

In technischer Hinsicht lassen sich drei Entwicklungsstufen des Schiffahrtsbetriebes bzw. der Einrichtungen zur Überwindung von Stauhindernissen durch Belege nachweisen:

1. Die Treckschutenfahrt von Damm zu Damm (oder Wasserfall), wobei das entladene Schiff in der schiffbaren Teilstrecke verbleibt. Die Güter werden mit der Hand oder mit einem Kran umgeladen.

2. Die Teilstreckenfahrt mit Unterbrechung durch zeitweiliges Entheben des Schiffskörpers aus dem Wasser:

- a) zum Überziehen über den Damm selbst oder
- b) zum Überziehen über die „Rollbrücke“ (overtoom).

¹⁾ Nachweislich bedeuten „spoyen (speia), waterkeeringen und deurvaerten“ lediglich einfache Schiffahrtsschleusen, Wasserlösen oder Stauschleusen (man vergleiche auch P. Rheders Erklärung des Wortes „spoie“ als „Wasserlöse“ in seinem Werk über das Niederschlagsgebiet der Trave), deren ältere Verschlussform das aufziehbare Tafelschütz ist, an dessen Stelle später — der Zeitpunkt ist für Holland nicht festzulegen — die Stemmtoore getreten sind, die sich in älteren Zeiten vorzugsweise bei Siel- und Spülschleusen finden.

1 und 2 erfordern keine Durchbrechung des Deichverbandes. Eine Durchbrechung bedingt die Wiederherstellung des Deichverbandes durch Verschließen der Öffnung mit einer Schleuse und, sobald die Durchfahrt auch Schifffahrtzwecken dient, mit einer Schifffahrtsschleuse.

Der Verschluß ist ein einfacher oder doppelter, letzterer bei Entwässerungsschleusen zur Ermöglichung einer ständigen zeitlich nicht beschränkten Schifffahrt.

In der Eigenart des Landes ist die Kanalschifffahrt — die Schifffahrt auf stehendem (nicht strömendem) Wasser (im Gegensatz zur Flußschifffahrt) — und der vorwiegende Zweck der Kammerschleuse: einen konstanten schiffbaren Kanalwasserspiegel zu halten, begründet.

Die Idee der Kammerschleuse — so kann man schließen — ist, im Gegensatz zu Deutschland und Italien, nicht aus schifffahrtlichen Gründen entstanden. Sie wurde von den Entwässerungsschleusen, die den Deich noch tunnelartig durchbrachen und aus Sicherheitsgründen doppelt (see- und landseitig) verschlossen waren, übernommen.

Wenngleich diese Art Entwässerungsschleusen (Kammersiele) niedrigen Schiffen ohne oder mit umgelegten Masten die Durchfahrt gestatteten, so war ihr eigentlicher Zweck und Grund zu ihrer Anlage die Abwässerung der Binnenwässer. Sie sind daher als Entwässerungs-Kammerschleusen und nicht als Schifffahrts-Kammerschleusen anzusehen. Ob die Schiffe in ihnen gehoben oder gesenkt wurden, ist nicht überliefert. Erst mit dem Zwecke, Wasserspiegelunterschiede zeitweilig auszugleichen, werden die Entwässerungsschleusen zu eigentlichen Schiffskammerschleusen, wobei geeignete Einrichtungen zum vorherigen Wasserspiegelausgleich, d. h. zum Füllen und Entleeren der Kammer Voraussetzung sind, um die Tore bei Wassergleichstand öffnen und schließen zu können. Für die niedrigen Entwässerungsschleusen ist das nicht wahrscheinlich; eher schon bei jenen Schleusen, die den Deich in seiner ganzen Höhe durchbrachen.

Daß der Bau von Kammerschleusen (verlaate) auf den Binnenkanälen älter ist als der der Seeschleusen, erklärt sich daraus, daß die Durchstechung der Binnendeiche der Polder für das Land nicht so gefahrvoll war wie die der Seedeiche.

Es besteht kein Zweifel, daß die im Einflußgebiet des Meeres angelegten Schleusen anfänglich nur einfache Schifffahrtsschleusen (spoyen, waterkeeringen, deurvaerten) waren.

Wann die Zweiteilung jener einfachen Seeschleusen erstmalig auftritt, ist nicht belegt.

Der Übergang von der einfachen zur doppelten Stauschleuse als Vorläufer der Schleppzugschleuse in Deutschland.

Kanal- und Flußschifffahrt.

Wie in Holland, so reicht auch in Deutschland der Bau künstlicher Wasserwege bis 1100 zurück. Im Jahre 1218 wird der Einsturz eines Sieles in Oldenburg berichtet und erwähnt, daß das Siel bereits vor mehr als 100 Jahren angelegt wurde. Die Siele lagen an den Entwässerungsgräben der Moore (sog. Moor- oder Torfkanäle). Sie dienten außer der Entwässerung auch — wie in Holland — der Schifffahrt, wie Winkelmann in seinen Not. Hist. Polit. vet. Saxo-Westphaliae ausführt.

Ein älterer Moorkanal ist auch der 1288 erbaute „Kuhgraben“, der unterhalb

dung mit dem Möllner See sowie die gleichzeitige Schiffbarmachung der Delvenau mittels Schleusen beschlossen.

Der Bau dieses künstlichen Wasserweges wurde in den Jahren 1391—98 ausgeführt und ist die älteste schiffbare Verbindung zwischen Nord- und Ostsee. Ihr folgten zu gleichem Zwecke der 1448 beschlossene und 1525 fertiggestellte Alster-Travekanal, dessen Schifffahrt nach 25 Jahren einging, der 1575—77 erbaute schleswig-holsteinische oder Eiderkanal und in neuerer Zeit der 1900 vollendete Elbe-Travekanal und der bereits erweiterte Kaiser-Wilhelmkanal.

Die Ober- und Donnerschleuse auf der Stecknitz bestehen aus zwei rund 400 bzw. 190 m auseinander liegenden Einzelschleusen. Diese Zweiteilung verhindert das zu schnelle Abfließen des Wassers. Offenbar ist sie, wie Hogrewe und Woltmann ausführen, jüngeren Datums. Nach der ausführlichen und durch zahlreiche Dokumente belegten Arbeit von Dr.-ing. Rheder konnte der Zeitpunkt der Zweiteilung bisher nicht ermittelt werden¹⁾.

Die Stecknitzfahrt war eine sog. Fahrt auf Schwellungen, wie sie sich in größerem Umfange auf der Yonne (Seine) findet. Diese künstliche Flußschifffahrt erforderte viel Wasser, in dessen Ermangelung die Schiffe oft mehrere Tage warten mußten, bis sich 8—12 Schiffe vor der Schleuse angesammelt hatten. Sie wurden im allgemeinen an drei Tagen der Woche, den „Zapfeltagen“, durchgeschleust; die Wasseransammlung vor einer Schleuse dauerte etwa einen Tag, weshalb die Schifffahrt an jedem zweiten Tage ruhte.

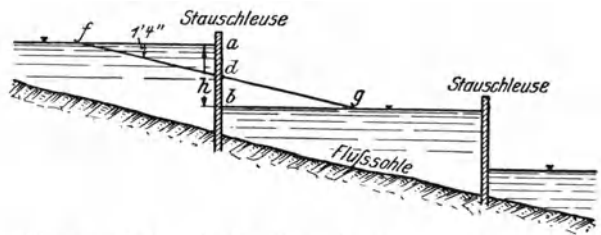


Abb. 14. Schematische Darstellung der Stecknitzfahrt.
(Fahrt auf Schwellungen.)

Während das nächste untere Tor geschlossen blieb, wurden die Schützen des oberen zu durchfahrenden Tores geöffnet, bis das Gefälle \overline{ab} (Abb. 14) zur Hälfte verlaufen war und die Ebene \overline{fg} eine gerade Fläche bildete, wobei der Winkel \overline{afd} für $h = \overline{ab} = 4$ Fuß Fallhöhe 1' 4" betrug, worin 1' 4" ein Erfahrungswert war. Alsdann konnten die Tore, deren Ständer dem abströmenden Wasser nur geringe Angriffsfläche boten, geöffnet und den Schiffen, die bis dahin festgehalten worden waren, die Durchfahrt gestattet werden. Die talwärts fahrenden Schiffe fuhren auf dieser Welle flußabwärts. Die zu Berg fahrenden Schiffe wurden gegen den Strom der sich in die untere Haltung ergießenden Welle in die obere Haltung gezogen. Der plötzliche und heftige Wassersturz der mit der unteren Haltung sich ausgleichenden oberen Haltung griff die Ufer der in vielen scharfen Windungen fließenden Stecknitz an, verschärfte und flachte sie ab. Da die Ufer nicht durch Dämme eingefafßt waren, wurde die Gegend unterhalb einer Schleuse bei ihrem Öffnen jedesmal unter Wasser gesetzt. Hierdurch wurde der flache Flußlauf zunehmend versandet, so daß im Laufe der Jahrhunderte viele Stellen infolge der Auskolkungen seicht wurden, auf denen die Schiffe aufsetzten, bevor sie ihr Ziel, die nächste Schleuse, erreicht hatten. Deshalb wurde, nachdem die durchfahrene Stauschleuse schon wieder geschlossen war, in das Unterwasser häufiger (etwa 2—3 mal) Wasser nachgeschickt, um den

¹⁾ Wie Behrens in seiner „Topographie des Stecknitzkanals“ darlegt, hätte sich die zweite Stauschleuse (Erichenschleuse) nahe der Oberschleuse durch Tiefergraben der Sohle vermeiden lassen.

Wasserstand der unteren Haltung vorübergehend anzuschwellen. Auf diesen „Schwellungen“ von etwa 80 cm Höhe kamen die Schiffe mit großem Zeitverlust von einer Schleuse zur nächsten.

Nach Hogrewe betrug die bei einer Durchschleusung verbrauchte Wassermenge $\frac{1}{4}$ des den Schiffen nachgesandten Schwellwassers. Die Aufstauung der unteren durch die durchfahrenden Flußstrecke durch wiederholte Schwellungen geschah auf Kosten der oberen Haltung, die dadurch fast ganz ausgeleert wurde. Die folgende Durchfahung erforderte den vollen Ersatz des bereits abgeflossenen Wassers.

Abb. 15 und 16 zeigen die Anordnung der Stauschleusen der Stecknitzfahrt. Die Torrahmen (Schleusenhecken genannt) entsprechen den Teildämmen bei der ständig offenen Durchfahung (vgl. Abb. 3 u. 4), mit dem Unterschiede, daß die Torrahmen beweglich, während die Teildämme fest sind. Durch die beweglichen Torrahmen wird die schiffbare Breite des Durchlasses vorteilhaft vergrößert, damit das gleichzeitige Durchschleusen mehrerer Schiffe ermöglicht und auch der Wassersturz ermäßigt, da der Ausgleich zwischen zwei Haltungen durch einen größeren freien Querschnitt stattfindet. Um die Torflügel (Schleusenhecken) gegen den abfallenden Strom öffnen zu können, wurden die Schütten, die im geschlossenen Zustande die Torbekleidung darstellten, von dem gleichzeitig als Brücke dienenden Schlagbaum, gegen den sich die Torrahmen legten, hochgezogen. Erst hierauf wurden die beiden Torrahmen und der Schlagbaum geöffnet und die Durchfahung frei.

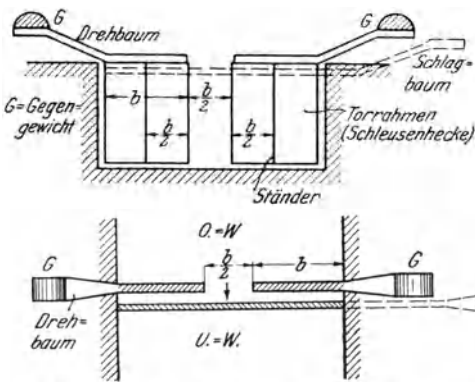


Abb. 15 u. 16. Anordnung der Stauschleusen für die Stecknitzfahrt.

Die Durchfahung der Schiffe auf dem mit großer Wucht abschießenden Strom und das Hochziehen der Schüttenbretter waren für Schiffer und Schleusenwärter gefahrvoll; für erstere besonders dort, wo der Strom gleich unterhalb der Schleuse seinen Lauf änderte. Auf der Stecknitz war die Durchfahung durch die erste (stromaufwärts liegende) Donnerschleuse die gefahrvollste. Um den hohen Wasserfall und damit die Gefahren der Durchfahung zu mindern, wurde die zweite (kleine) Donnerschleuse nur 192 m unterhalb der ersten angelegt. Sie wurde jedoch nur gebraucht, wenn der Flußlauf unterhalb der Schleuse nicht mit Kraut bewachsen war, weil alsdann das Unterwasser bei dem vorhandenen Zwischengefälle nach der nächstfolgenden (der Berkenthiner) Schleuse zu schnell abließ, weshalb die seichten Stellen dieser Flußstrecke der Schifffahrt gefährlich wurden. Die Stauwirkung der Krautpflanzen erlaubte also die zeitweilige Außerbetriebsetzung der zweiten Stauschleuse.

Diese dicht aufeinanderfolgenden Stauschleusen, zwischen denen der zeitweilige Wasserspiegelausgleich mit dem Ober- und Unterwasser geregelt wurde, sind die Vorläufer unserer heutigen Schleppzugschleusen und sind in ihrer Wirkungsweise nichts anderes als eine Kammerschleuse, mit dem wesentlichen Unterschiede, daß ihr einziger Zweck die Gefällsüberwindung und nicht die Wassersparnis ist. Die Entfernung der beiden Stauverschlüsse war allein durch die Örtlichkeit bestimmt und so groß, daß der Wassersturz der oberen Schleuse der unteren

nicht gefährlich wurde. Die Schiffe fuhrn bei angenähertem Wassergleichstand ein und mit der in die untere Haltung sich ergießenden Wasserwelle aus.

Die durch die Fahrt auf Schwellungen bedingte Wasserverschwendung machte die Schifffahrt zur Gruppenschifffahrt, d. h. es sammelten sich für jede Durchschleusung 8—12 Schiffe an.

Die Gruppenschifffahrt — im Gegensatz zur Einzelschifffahrt bzw. Einzelschleusung — war bestimmend für die Größe und Form der beiden Hahnenburger Kistenschleusen. Sie hatten zusammen ein Gefälle von rund 4,5 m, zu dessen Überwindung in der Kammer am Oberhaupt ein steiler Abfall (Fallmauer) von etwa $2\frac{1}{4}$ — $2\frac{1}{2}$ m Höhe war. Nähere Einzelheiten über die ursprüngliche Form dieser Kistenschleusen sind nicht bekannt. Es ist nicht ausgeschlossen, daß sie, wie der Name sagt, wirklich die Form einer Kiste hatten, die frei stand und deren Seitenwände nicht mit Erde hinterfüllt waren, wie sie Fäsch uns in verschiedenen perspektivischen Abbildungen zeigt (Abb. 17 u. 18).

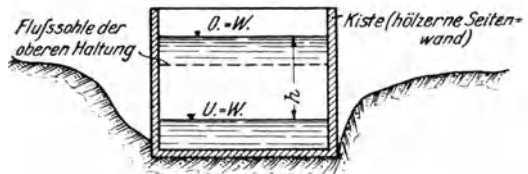


Abb. 17.

Querschnitt einer hölzernen Kistenschleuse.

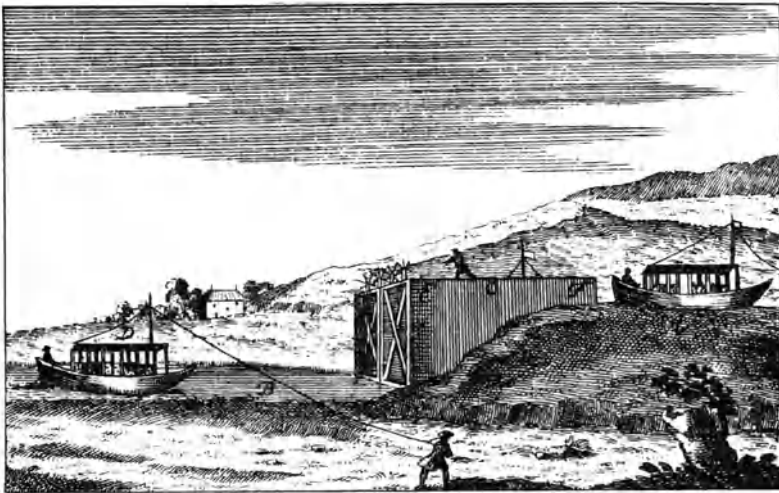


Abb. 18. Hölzerne Kistenschleuse.

Die Hahnenburger und die Buchhorster (Palmer) Schleuse werden — nach Dr.-ing. P. Rheder — bereits 1448 von den übrigen Stauschleusen unterschieden. Sowohl nach Belidor als auch nach Hogrewe, Woltmann und Rheder haben die Schleusen des 1398 vollendeten Stecknitzkanales trotz mehrmaliger Erneuerung ihre ursprüngliche Form beibehalten, so daß die Erbauungszeit der 1448 erstmalig erwähnten Kistenschleusen mit zuverlässiger Sicherheit auf 1390 bzw. 1398 festgelegt werden kann, und zwar allein auf Grund der Örtlichkeit. Bei dem auf kurzer Strecke zu überwindenden Gefälle von rund 5 m ist der Abstieg vom Delvenau-graben, der die nur durch spärliche Zuflüsse gespeiste Scheitelstrecke des Kanals bildete, ohne jene Gefällschleusen nicht denkbar, weshalb ihre Anlage von vorn-

herein unumgänglich gewesen sein dürfte, um auch den Abfluß der Scheitelstrecke bzw. einen nicht ersetzbaren Wasserverbrauch beim Durchschleusen zu verhindern. Im 17. und 18. Jahrhundert wurden die Kistenschleusen sowie die Palmschleuse bei Lauenburg durch Steinbauten ersetzt; sehr wahrscheinlich erhielten sie damals statt der Kisten- die Kesselform, da die gewölbte Linienführung die für das Baumaterial (Stein, im Gegensatz zu Holz) günstigere Form war. Die Kesselform gestattete zudem bei den größeren Baukosten der steinernen Schleusen, kürzere Seitenwände und, bei entsprechend größerer Breite, dennoch die durch die Gruppenschiffahrt bedingte gleichzeitige Aufnahme von 8—12 Stecknitzschiffen.

Die Schleusen der Alsterfahrt.

Nähere Angaben sind auch von der auf der Alsterfahrt erbauten Schleuse bei Mellenburg überliefert, von der Woltmann sagt: „Diese muß als eine Fang- oder Doppelschleuse betrachtet werden; es sind nämlich zwei Stauschleusen mit einem Becken dazwischen, von der Größe, daß es 20 Alsterschiffe fassen kann, welches die größte Anzahl ist, die sich auf einmal versammelt.“

Die Stauschleusen der Mellenburger Fangschleuse („Fangen“ im Sinne des Wasserauffangens) waren ähnlich den auf der Stecknitz erbauten. Sie hatten jedoch abweichend von diesen oben eine Balkenlage, um die Seitenwände auseinander zu halten. Dadurch hatten sie den Nachteil, daß die Schleusenwände, deren oberer Teil aus Holz, also am vergänglichsten war, höher geführt werden mußten, und daß die Schiffe bei angeschwollenem Wasser festfuhren. Bei den Schleusen der Alsterfahrt — der Mellenburger und der Fuhsbütteler Schleuse — lagen die oberen und unteren Schleusenschwellen in gleicher Höhe, so daß sie nichts anderes als den durch zwei Stauschleusen abgegrenzten Teil des Flußlaufes darstellten und den Zweck hatten, den Wasserstand zu halten und an Wasserverbrauch zu sparen, im Gegensatz zu den doppelten Stauschleusen auf der Stecknitz, die als Gefällschleusen anzusprechen sind.

Die Alsterschiffahrt besteht nach Woltmann seit 1325 und nach einer Vermutung von Büsch bereits seit 1259.

Während sowohl die Stecknitzschleusen als auch die Mellenburger und Poppenbütteler Schleuse auf der Alster mit hochziehbaren „Schütten“ ausgerüstet waren, weist die Fuhsbütteler Schleuse bereits zwei Paar „büskierte“ Torflügel (Stemmtore) auf, die dicht verkleidet und nur mit kleinen, durch Getriebe und gezahnte Stangen zu öffnende Zapfschützen versehen waren. Sie diente nur zur Durchfahrt der Schiffe und nicht wie die übrigen Stauschleusen zum Durchfluß des Stromes, weshalb die Mellenburger und Poppenbütteler Schleuse mit Schütten zugesetzte Türen hatten, die, nachdem die Schütten herausgezogen, d. h. die Bekleidung entfernt war, im Gegensatz zu den Stemmtoren gegen den Strom geöffnet werden konnten.

Es liegen keine Angaben vor, woraus hervorgeht, daß die Zweiteilung der Mellenburger und Fuhsbütteler Schleuse erst später stattgefunden hat, so daß das Baujahr auf 1325 bzw. nach Büsch auf 1259 zurückgeführt werden kann.

Die Saaleschiffahrt.

Wie auf der Stecknitz, so hatte auch auf der Saale der Salzhandel frühzeitig zur Schiffbarmachung des Flusses geführt. 1152 erteilte Erzbischof Wichmann ein Privileg, „mit einem Schiffe Salz zu verschiffen“. 1336 bestanden bereits Schleu-

sen auf dem Saalestrom, die vom Deutschen Ritterorden, dem wir auch die um 1300 ausgeführten Weichselregulierungen verdanken, erbaut waren. Da die Schleusen von Holz waren, wurden sie bald wieder durch Hochwasser und Eisfahrten zerstört, wodurch die Schifffahrt stockte.

In einem Privileg des Kaisers Karl V. vom 21. Oktober 1530 an den Erzbischof Kardinal Albrecht wird von zu engen „Durchfahrten oder Schleusen gesprochen, die er erweitern und zur Schifffahrt tauglich machen könne.“ Die 1545 eingeleiteten Verhandlungen wegen der Eröffnung einer freien Elbschifffahrt bis nach Hamburg mit den Städten Hamburg, Magdeburg und Lübeck u. a. scheiterten.

Am 2. November 1539 errichtete Erzbischof Sigismund mit dem Fürsten von Anhalt einen Vergleich wegen der Erbauung einer Schleuse zu Bärenburg, deren Kammer die Kesselform hatte und durch zwei Paar Stemmtore geschlossen war. 1569 fing die Schifffahrt durch diese Schleusen selbst an. Bis zum Bau der steinernen Schleusen (der Bärenburger und der Calbischen) trieb man die eingangs beschriebene Teilstreckenfahrt.

Historisches Ergebnis mit Zusatz über den Deutschen Ritterorden.

Das historische Ergebnis für Deutschland ist folgendes: Es reichen zurück:

1. Der Sielbau bis etwa 1100, wie in Oldenburg, dessen zahlreiche Siele der Entwässerung und der Schifffahrt dienten.
2. Der Bau einfacher Schifffahrtsschleusen (Stauschleusen): auf der Alster bis 1259 bzw. 1325 und auf der Stecknitz bis 1336.
3. Der Bau doppelter Stauschleusen auf der Alster bis 1325 (vermutlich). Der Zeitpunkt der Zweiteilung der Stauschleusen auf der Stecknitz ist nicht bekannt.
4. Der Bau von Kistenschleusen auf der Stecknitz bis 1390 bzw. 1398.
5. Der Bau von steinernen Kammerschleusen als einheitliches, zusammenhängendes Bauwerk auf der Saale bis 1569. Ihre Grundform ist die eines Kessels.

Der gleichzeitige Beginn des Baues von Schleusen auf der Stecknitz und auf der Saale läßt es nicht unwahrscheinlich erscheinen, daß der deutsche Ritterorden, der die Saale 1336 durch Schleusen schiffbar machte, auch die Stecknitz und die Alster zur Schifffahrt regulierte.

Mehr noch als die fast übereinstimmende Ausbildung der Stautore auf der Stecknitz und auf der Alster — die der Saaleschleusen sind nicht überliefert — spricht der damalige rege und durch die um 1300 mächtige und blühende Hansa gestärkte Salzhandel zwischen Halle, Magdeburg, Hamburg und Lübeck dafür, daß die Flußregulierungen zur Schaffung eines zusammenhängenden Schifffahrtsnetzes auf eine einheitliche Idee des Deutschen Ritterordens zurückzuführen sind. Vermutlich gehören auch die von ihm im Weichselgebiet um 1300 ausgeführten Stromregulierungen und der fast zu gleicher Zeit — in der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts — unter Karl IV. begonnene (aber nicht zu Ende geführte) Kanal zwischen Donau und Moldau, sowie die bereits seit 1337 unter König Johann von Böhmen durch Wehrbauten erreichte Regulierung des von Salzschiffen befahrenen Oderstromes dazu.

Technisches Ergebnis.

Das technische Ergebnis ist für Deutschland:

1. Die Schifffahrt hat sich als Flußschifffahrt entwickelt und zwei Entwicklungsstufen durchgemacht:
 - a) die schleusenlose Schifffahrt als Teilstreckenschifffahrt;
 - b) die Schifffahrt mit Schleusen. Sie hat im wesentlichen gleichfalls zwei Entwicklungsstufen durchgemacht:
 - α) als Fahrt auf Schwellungen, d. h. Fahrt in strömendem Wasser mit Stauschleusen;
 - β) als Fahrt auf Stauwasser, d. h. Fahrt in stehendem Wasser mit doppelten Stauschleusen (Kammerschleusen).
2. Hierbei ist an Stelle der älteren, sich aus der Fahrt auf Schwellungen ergebenden Gruppenschifffahrt in späterer Zeit die Einzelschifffahrt getreten, entsprechend dem allmählichen Übergang von aus kurzen Flußstrecken gebildeten, unvollkommenen zu einheitlich durchgebildeten Kammerschleusen.
3. Die drei Arten von Schifffahrtsschleusen der älteren Zeit sind:
 - a) Die einfachen und doppelten Stauschleusen; letztere entsprechen unseren heutigen Schleppzugschleusen. Der zwischen ihnen liegende Flußlauf dient als Kammer, in der der zeitweilige Wasserspiegelausgleich reguliert wird.
 - b) Die Kisten- oder Kastenschleusen. Sie waren freistehende hölzerne Bauwerke (Kisten), deren Seitenwände meist nicht mit Erde hinterfüllt waren.
 - c) Die älteren steinernen Kammerschleusen, die Kesselform hatten, um mehrere Schiffe gleichzeitig in einem kurzen, aber breiten Behälter aufnehmen zu können.
4. Die ursprüngliche Aufgabe der doppelten Stauschleusen war anfangs die gleiche wie die der einfachen Stauschleusen, nämlich die Gefällsüberwindung. Die Ausschaltung der mit dem Durchfahren auf der abstürzenden Stauwelle für Schiffer und Schleusenwärter verbundenen Gefahren ist allein die Ursache, die zur Verdoppelung der Stauschleusen führte, indem dadurch die Fahrt auf strömendem Wasser durch eine Fahrt auf Stauwasser in zunehmend vollkommener Weise ersetzt wurde.

Der Übergang von der einseitig (unterhäuptig) geschlossenen Muschelschleuse (Conca) in Italien zur Kammerschleuse.

Allgemeines.

Die älteren zuverlässigen Nachrichten über den Bau künstlicher Wasserstraßen (Kanäle) und Schleusen in Italien finden sich im Archiv zu Chiaravalla und sind von den Mönchen des dortigen Klosters aufgezeichnet worden. Es steht fest, daß Italien — wie Holland — seine Kanäle anfänglich nur zur Bewässerung anlegte und sie auch vielfach zum Treiben der Mühlen ausnutzte.

Die Schiffbarmachung von Flüssen reicht wenigstens bis etwa 1190 zurück. Jedoch sind die daran geknüpften Versuche, wie z. B. die von Lecchi, Zandrini, Frisi, Brusschetti, die damals erbauten Schleusen als Kammerschleusen nachzuweisen, wissenschaftlich nicht einwandfrei.

Die Schleuse zu Governolo (1188 und 1394).

1188—1198 baute Alberto Pitentino, um den Mincio bei Governolo zu sperren, eine Schleuse, die nach Bertazzolo aus mehreren, in den Hohlkehlen zweier Pfeiler senkrecht geführten Balken bestand, die nacheinander aufgehoben und beim Schließen wieder eingesetzt wurden. Später brachte man Türen an, die man nach Art der Falltore der Städte oder eines Schlosses in den Fugen hochzog oder hinabließ. Es handelte sich also um einen einfachen Schiffsdurchlaß, dessen Durchfahren schwer und gefährvoll war.

1394 wurde die Schleuse durch Francesco Gonzaga „in zwei geteilt“. Ob mit dieser Zweiteilung der Verschuß gemeint ist oder ob und in welchem Abstand eine zweite Schleuse nach Art der ersten angelegt wurde, ist nicht überliefert. Die Möglichkeit, daß wir hier dieselbe Erscheinung der Anlage zweier Stauschleusen, die zusammen als Kammerschleuse wirken (wie auf der Stecknitz und Alster), haben, ist jedoch sehr wahrscheinlich.

Die Schleuse zu Strà bei Padua (1481).

Zendrini erwähnt eine Schleuse zu Strà bei Padua, die von den Brüdern Dionisio und Piedro Dominico aus Viterbo 1481 erbaut worden war. Er fand in einem Privatarchiv die Angaben, „daß die Brüder ihre Anlage so einrichten wollten, daß die Schiffe und Nachen das Wehr (chiusa) bei Strà ohne Gefahr überfahren könnten, da das Wasser mit Leichtigkeit abgelassen werden solle und man weder genötigt sein würde, die Schiffe zu entladen, noch sie heraufzuziehen“ (che le barche e burchi potranno per la Chiusa di Strà senza pericolo, operando in modo che le acque usciranno con facilità, e senza esser obligate a scariare, e senza essa tirate). Hieran knüpften die Brüder die Bedingung, daß die Erfindung ihr Eigentum bleibe. Dieselbe Schleuse wird vor Zendrini bereits von Vittorio Zonca erwähnt. Zendrinis Folgerung auf eine Kammerschleuse wird auch von Paolo Frisi nicht anerkannt, nach dessen Ansicht sie eine unvollkommene Kanalschleuse gewesen sei. Wahrscheinlich war es eine Muschelschleuse (conca), die damals die in Italien überwiegende Schleusenart war (Abb. 19). Über die Art und Beschaffenheit der Anlage ist nichts gesagt. Dagegen erfahren wir aus dieser Nachricht, daß man in früheren Zeiten die Schiffe entladen oder sie heraufgezogen hat; mit anderen Worten: die Vorläufer der Schifffahrt ohne Schleusen sind in Italien die gleichen wie in Deutschland und in Holland.

Die Schleuse zu Viarena (1388).

Nach Dokumenten im Archiv zu Chiaravalla legten 1388 die Ingenieure Filippo da Modena und Fioravante da Bologna die Idee zum Bau der Schleuse zu Viarena (Conca de Viarena), die jedoch erst 1439 ausgeführt und vornehmlich zum Transport des Marmors zum Mailänder Dom benutzt wurde, so daß man sich 51 Jahre ohne Schleuse behelf. Aus einem Dokument vom Jahre 1400 geht hervor, daß die Schifffahrt nur zwei Stunden vor dem Abend und an bestimmten Tagen stattfand. Hierbei wurden alle Mündungen zur Bewässerung vom Navilio verstopft und das Wasser durch ein Schütz (una chiusa eù tavole) vom Navilio grande unterhalb eines kleinen Sees (laghetto Vecchio) zurückgehalten. Von dem Laghetto Vecchio ergoß sich das Wasser in die Vettabia, die, solange das Schütz geschlossen war, nicht mehr bewässern konnte. Da das Schütz geschlossen war, konnten die Schiffe nicht weiter und sammelten sich auf dem Laghetto Vecchio an. Wir haben auch hier wie in Deutsch-

land die gleiche Erscheinung der durch die Wasseransammlung bedingten Gruppenschiffahrt.

Erwähnt sei noch ein älterer Bau einer Muschelschleuse (conca) aus der Lebensbeschreibung des Filippo Maria Visconte durch Piedro Candido Decembrio um 1420: „Meditatus est et aquae rivum, per quem ab Abiate ad Vigliuanum usque sursum veheretur aquis altiora scandentibus machinarum arte, quas conchas appellant.“

Die 1439 erbaute „Conca“ zu Viarena wird auch 1448 gelegentlich der Zahlung des Schifferzoll und des Fischfanges erwähnt, wofür die Muschelschleuse zu unterhalten und der Kanal unter der Mauer der Stadt zu reinigen, das Kraut in dem die Stadt umgebenden Graben, soweit darin Schiffe verkehrten, zu schneiden war.

Ohne Frage bestanden zu jener Zeit mehrere Schleusen in und um Mailand, das von den Gewässern der Etsch, die unter dem Namen des Tesinello dahin kamen, durchströmt oder unter den Namen Vedra, Canterana, Nirone, Vettabbia und Redefosso umflossen wurde. So werden 1445 die unter Filippo Maria Visconte erbaute „Conca inferior navigii ducalis“ sowie die Schleusen zu Vercellina und Giovio und 1471 die „Conche“ zu Gorla im Naviglio piccolio erwähnt. Die Schleusen zu Vercellina und Giovio verhinderten den Abfluß der Gewässer der Vettabbia.

Im öffentlichen Archiv werden in einem Buch „Dati et accepti“ vom Jahre 1438 ständig die Ausgaben für die herzoglichen Arbeiten, den neu angefangenen Kanal und die Schleusen, „welche das Wasser steigen oder fallen machen“ (pro faciendo crescere et decrescere aquam) genannt. Daß jene Art Schleusen damals ganz neu war, muß aus der Angabe geschlossen werden, daß ihre Wirksamkeit in einem Nebkanale (Redefossino) erprobt wurde.

Die Kenntnis dieser in der Wasserbauliteratur des 17. Jahrhunderts bis auf unsere Zeit vergessenen Muschelschleuse (conca) ist historisch und technisch gleich bedeutsam.

Historisch insofern, als doppelt geschlossene, d. h. Kammerschleusen, vor jener Zeit (1420) in Italien nicht bekannt waren.

Technisch dadurch, daß die Muschelschleuse (conca) die natürliche Grundform der Kammerschleuse, und zwar eine einseitig (unterhäuptig) geschlossene Kammerschleuse ist. In weiterer Beziehung ist die Muschelschleuse auch der Vorläufer der Schachtschleuse.

Der durch die 1439 erbaute Schleuse zu Viarena erreichte Vorteil war nicht allein die Überwindung und Mäßigung des Wasserfalles, sondern auch die Möglichkeit, die Schiffe bis in das Innere der Stadt leiten und sie in der Stadt be- und entladen zu können.

Diese und die in der „Topographia Italiae“ gemachte Angabe, daß das Schiff „mit allem, was darin ist“ gesenkt wird, kennzeichnet den bedeutenden Fortschritt gegenüber den älteren Einrichtungen, Schiffahrtshindernisse durch Umladen der Güter (Teilstreckenfahrt) oder durch Überziehen des Schiffes über den Damm zu überwinden.

Einrichtung, Betrieb und Vergleich der Muschelschleuse mit der Kammerschleuse.

Die Einrichtung einer Muschelschleuse (conca) zeigt Abb. 19—21. Die perspektivische Darstellung (Abb. 19) wurde Merians „Topographia Italiae“ entnommen, die mit der älteren Abbildung bei Joseph Furttentbach übereinstimmt. Er

fand diese Art Schleusen bei Padua auf der Brenta und zwischen Bologna und Ferrara auf dem Reno, wo 9 derartige Muschelschleusen, die er als „sonderbare Abfall, cunchi oder stagni“ bezeichnet, die Schifffahrt ermöglichten. Furttenbach gibt folgenden Schleusungsvorgang:

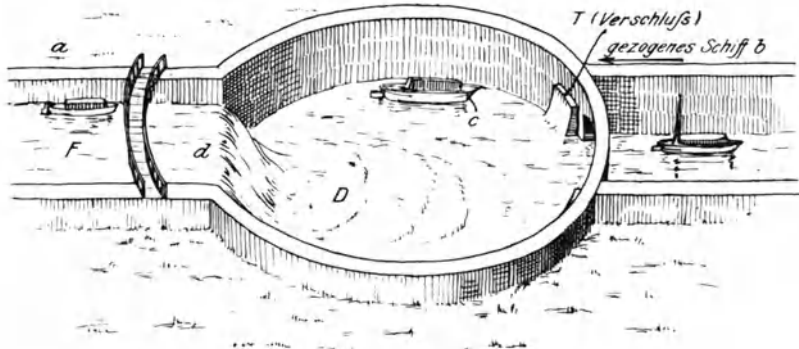


Abb. 19. Muschelschleuse in Strà bei Padua. 1481.

„Damit das von Bologna kommende Schiff *a* den Abfall *d* gefahrlos abfahren kann, werden die beiden Türen an dem eingemauerten Oval geschlossen. Der Kessel (oval) kommt in einer halben Stunde mit dem Oberwasser auf gleiche Höhe, und das Schiff fährt ohne Gefahren und Schwierigkeiten ein. Alsdann werden die Türen durch ein Zugwerk geöffnet, das Wasser ergießt sich in den unteren Kanal und setzt das Schiff mit allem, was darin ist, allgemach hinab, bis daß es durch die Türen hinausfahren kann. Das von Ferrara kommende Schiff *b* fährt (mit niedergelegtem Segelmast) durch die Türen ein und wird in die Lage *c* gebracht, um frei vom Wasserfall zu liegen. Die Türen werden geschlossen, der Kessel füllt sich, das Schiff hebt sich mit und kann ausfahren.“

In dem Kessel können drei Schiffe auf einmal gehoben oder gesenkt werden. Man vergleiche auch die Darstellung von Leonhard Chr. Sturm, der den Kessel als „runde See der Schleuse“ bezeichnet.

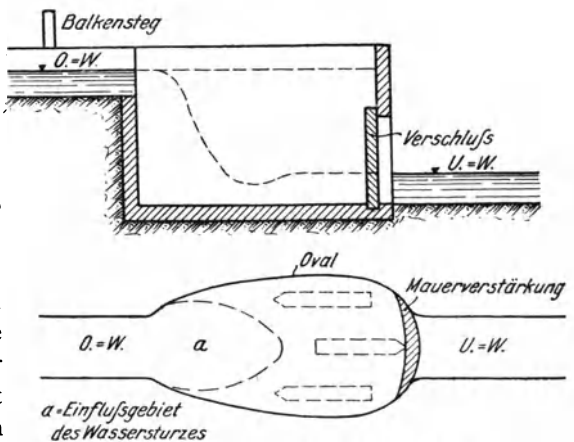


Abb. 20 und 21. Muschelschleuse.

Man vergleiche auch die Darstellung von Leonhard Chr. Sturm, der den Kessel als „runde See der Schleuse“ bezeichnet.

Vorstehende Beschreibung kennzeichnet als Vorzüge der Muschelschleuse gegenüber den älteren Einrichtungen der Schifffahrtsbetriebe offensichtlich:

1. In der Muschelschleuse wird ein zeitweiliger Wasserspiegelausgleich mit dem Oberwasser und Unterwasser geschaffen.
2. Mit dem steigenden und fallenden Wasserspiegel in der Muschelschleuse wird gleichzeitig das Schiff mit seiner Ladung gehoben und gesenkt.
3. Das gefahrvolle Überfahren des plötzlichen Wassersturzes wird durch das allmähliche Heben und Senken des frei vom Wassersturz liegenden Schiffes ersetzt.

Die Gefahren, mit denen die Schiffe Wasserfälle überfahren mußten, sind — wie in Deutschland zur Verdoppelung der Stauschleusen — auch in Italien der ursächliche Grund zur Anlage der Muschelschleuse, deren alleinige Aufgabe es war, das Abfließen des Wassers während der Durchfahrt der Schiffe durch Auffangen des Wassersturzes zu verhindern. Durch Anstauen des Wassers kurz unterhalb des Wassersturzes wird die Gefällshöhe von h auf Null vermindert und so eine zeitweilige Wasserstandsgleichheit erreicht. Die Gefällsverminderung erfolgt allmählich, d. h. auf Kosten der Zeit. Die Zeitdauer ist von der Größe der Gefällshöhe und des zu füllenden Beckens abhängig.

Da die Einrichtung Schifffahrtzwecken dient, kommt für den Abstand des Stauverschlusses vom Wassersturz außer dem Einflußgebiet des Wassersturzes noch die Länge und Breite eines oder mehrerer Schiffe in Betracht, damit diese, frei vom Wassersturz liegend, gefahrlos gehoben und gesenkt werden können. Durch diese Bedingung ist die ovale Muschelform gegeben. Um dem Stauverschluß aus Gründen unvollkommener Konstruktionsmöglichkeit und bequemerer Bedienung eine kleinere Höhe als die des Gefällsunterschiedes geben zu können, ließ man das Mauerwerk über der Durchfahrtsöffnung bestehen. Die Muschelschleusen jener Zeit waren also einseitig geschlossene Schachtschleusen.

Die durch den Wassersturz am Oberhaupt bedingte Muschelform war für jene Zeit insofern vorteilhaft, als man gleichzeitig mehrere Schiffe schleusen konnte. Die mangelhafte konstruktive Durchbildung des Verschlusses und seiner Bewegungsmechanismen gebot von selbst die Einschränkung einer häufigeren Benutzung, um beides nicht vorzeitig zugrunde zu richten und bei Ausbesserungen die Schifffahrt für längere Zeit unterbrechen zu müssen, wozu das Verlangen, das schwierige Öffnen und Schließen — in strömendem Wasser — durch gleichzeitiges Schleusen mehrerer Schiffe tunlichst zu vermindern, nicht unerheblich beigetragen haben mag.

Die Muschel- und Kammerschleusen haben folgendes gemein:

1. die Abfallmauer zur Überwindung des Sohlengefälles;
2. den Wasserbehälter (die Kammer) und dessen Zweck, durch Füllen und Entleeren
 - a) die Wasserstandsunterschiede zeitweilig auszugleichen, um ein gefahrloses Ein- und Ausfahren der Schiffe zu ermöglichen, und
 - b) die Schiffe mit ihrer Ladung lotrecht zu heben und zu senken.

Ihre Unterschiede sind:

1. Infolge des fehlenden Verschlusses am Oberhaupt bleibt das Ein- und Ausfahren der Schiffe im Unterhaupt ein solches auf strömendem Wasser, im Gegensatz zur Kammerschleuse, wo es auf Stauwasser stattfindet. Ob Einrichtungen vorhanden waren, um den Wasserausgleich zwischen der Kammer und dem Unterwasser vor dem Öffnen des Verschlusses herzustellen, ist nicht bekannt. Das Öffnen und Schließen des Verschlusses in strömendem Wasser sowie das unbequeme Festhalten und Ziehen der Schiffe gegen den Strom waren Nachteile, die zur Anlage des zweiten Verschlusses am Oberhaupt führen mußten.
2. Der Wasserverbrauch der Muschelschleuse ist um die Wassermenge, die während der Zeit des geöffneten Unterhauptverschlusses ungehindert vom Ober- zum Unterwasser durchfließt, größer als der der Kammerschleuse, da der Zufluß vom Oberhaupt nicht abgesperrt ist.
3. Das Einflußgebiet des Wassersturzes (a in Abb. 21) ist ein für die Schifffahrt

verlorener Raum, der den Wasserverbrauch um die ihn füllende Wassermenge erhöht.

1 bis 3 erfordern einen größeren Zeitaufwand als die Kammerschleuse. Größerer Wasserverbrauch und Zeitverlust sind die Nachteile der Muschelschleuse gegenüber der Kammerschleuse. Die Kammerschleuse gestattet den Schiffen eine bequemere Durchfahrt.

Leone Battista Albertis Vorschlag zu einer Kammerschleuse (1452).

Die erste Kammerschleuse mit doppeltem Verschluss erwähnt einwandfrei Leone Battista Alberti. Sein Werk „De re aedificatoria“ überreichte er nach einer Mitteilung in der Fortsetzung der Eusebianischen Chronik schon im Jahre 1452 dem Papste Nikolaus V. Die Beschreibung Albertis lautet: „Duplices facito clausura secto duobus locis flumine / spatio intermissio quod navis longitudinem capiat: ut si erit navis con / scensura cum eo applicuerit: inferior clausura occludator: aperiat superior: sin autem erit descensura / contra claudatur superior / aperiat inferior. Navis eo Pacto cum istac dimissa parte fluenti cuchetur fluvio secundo. Residuo aue aquae superior assernabit clausura.“

Die Übersetzung lautet nach Max Theuer: „Mach die Sperren doppelt, indem du den Fluß an zwei Stellen einschneidest und einen Zwischenraum läßt, der die Länge eines Schiffes faßt, so daß, wenn ein berganfahrendes Schiff hier landet, die untere Sperre geschlossen, die obere geöffnet werden muß; ist es aber ein zu Tal fahrendes, dagegen die obere geschlossen und die untere geöffnet werden muß. Das Schiff wird auf diese Weise, wenn dieser Teil des Wassers abgelassen ist, mit dem Flusse bergab geleitet. Das übrigbleibende Wasser wird die obere Sperre aufspeichern.“

Hieraus geht hervor, daß Alberti nur einen Vorschlag für eine Flußkammerschleuse machte, die nach der Beschreibung aus zwei um eine Schiffslänge von einander entfernten einfachen Stauschleusen — entsprechend den doppelten Stauschleusen der Stecknitz- und Alsterfahrt — bestand, um das Schiff in der zwischen den beiden Stauschleusen liegenden Flußstrecke zu heben und zu senken.

Im Vergleich zur Muschelschleuse und den Schleusenformen, wie sie uns durch Zendrini und Leonardo da Vinci überliefert sind, steht der Vorschlag Albertis abseits. Ob der Vorschlag Albertis praktisch ausgeführt worden ist und ob dieser Vorschlag Leonardo da Vinci bekannt war, kann nicht entschieden werden.

Leonardo da Vincis Anteil an der Erfindung und Vervollkommnung der Muschel- bzw. Kammerschleuse.

Leonardo da Vinci beschäftigte sich, wenn man die Überlieferungen zugrunde legt, als erster Italiener eingehend mit der Idee und der praktischen Vervollkommnung der Kammerschleusen.

Aus dem mit zahlreichen Abbildungen versehenen und von Oltróchi beschriebenen Codex atlanticus, dem Abb. 22 entnommen ist, kann man schließen, daß Leonardo folgende drei Einrichtungen neu in Vorschlag gebracht und damit zur Vervollkommnung der Kammerschleuse, d. h. zur Vereinfachung des Füllens und Entleerens und des Toröffnens und -schließens grundlegend beigetragen hat:

1. die Anwendung von Torschützen zum vorherigen Füllen und Entleeren der Kammer und zur wesentlichen Erleichterung des Toröffnens und -schließens;

2. die Anwendung von Stemmtoren, um den Druck des Wassers besser aufzunehmen und ihn gleichzeitig zur Dichtung zu verwenden.
3. die Anwendung von Torangeln, um das Öffnen und Schließen der Tore zu erleichtern;

Durch diese Verbesserungen hat Leonardo da Vinci der Kammer-
schleuse die sich bis in unsere Zeit erhaltene und von den Schiffen
bequem zu durchfahrende sowie leicht zu bedienende **Grundform**

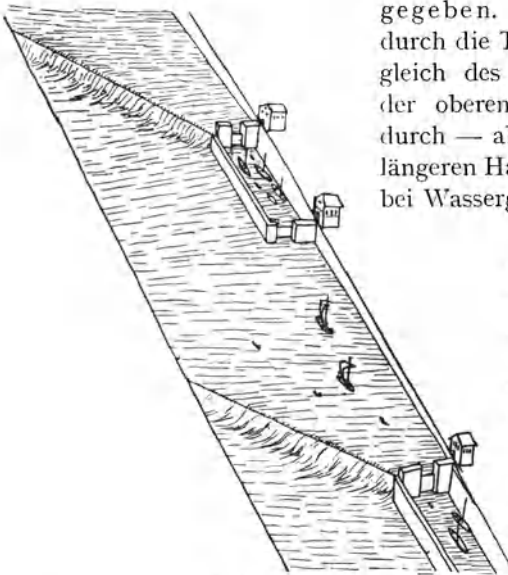


Abb. 22.

Kammerschleuse nach Leonardo da Vinci.

gegeben. Als Hauptfortschritt müssen wir den durch die Torschütze ermöglichten vorherigen Ausgleich des Wasserspiegels in der Kammer mit dem der oberen und unteren Haltung ansprechen, wodurch — abgesehen von der leichteren Bedienung und längeren Haltbarkeit der Tore infolge der Torbewegung bei Wassergleichstand unter Ausschaltung des Oberwasserüberdruckes — besonders der für die in der Kammer liegenden bzw. ausfahrenden Schiffe gefährvolle plötzliche Zu- und Abfluß aufgehoben und in einen allmählichen umgeändert und die Durchschleusung zu einer solchen auf Stauwasser wurde.

Vergleicht man die — leider nicht durch Zeichnungen belegten — Ausführungen Albertis, der als Verschußformen das Fallgatter und das Drehtor mit lotrechter drehbarer Spindel und ungleich langen Flügeln sowie die Durchschleusung nur eines Schiffes vorschlägt, mit den

Zeichnungen Leonardos, so erkennt man bei Leonardo da Vinci die vollkommene Selbständigkeit in der Auffassung und Durchbildung; so z. B. die seitliche Lage und Rechtecksform der mehrere Schiffe gleichzeitig fassenden Kammer-
schleuse und die Absperrung des übrigen Teiles des Flußprofils durch einen Querdamm. Da Leonardo da Vinci sich fast ausschließlich schöpferisch betätigt hat, so kann man annehmen, daß er die Idee der Kammer-
schleuse als an „einseitig geschlossenen Wasserbecken“ gemachten Beobachtungen gefaßt und sie bereits sehr vollkommen durchgebildet hat.

Daß auch Leonardo da Vinci das gleichzeitige Durchschleusen mehrerer Schiffe wählte, war durch die damaligen Verhältnisse, wo die Schiffsgefäße sehr klein waren, bedingt. Der geringe Verkehr gestattete unbedenklich sowohl das Warten der Schiffe vor der Schleuse, bis sich eine bestimmte Anzahl eingefunden hatte, als auch den größeren Wasserverbrauch und den längeren Aufenthalt in der Schleuse. Da die Mechanismen zum Öffnen und Schließen der Tore wie auch deren Konstruktion selbst noch sehr mangelhaft waren, so gebot sich auch aus diesem Grunde das gleichzeitige Durchschleusen mehrerer Schiffe, um die Tore seltener bewegen zu müssen. Hierdurch wurde ihre Lebensdauer verlängert und die bei ihrer Reparatur oder Neueinbringung erforderliche Unterbrechung der Schifffahrt hinausgeschoben.

Die Darstellungen über die Muschelschleuse zeigten, daß der Abfallboden die unbedingte Voraussetzung zu ihrer Anwendung für Gefällsüberwindungen war. Die von Woltmann vertretene Ansicht, daß der Abfallboden erst in späteren Zeiten entstanden sei, läßt sich also nur eingeschränkt aufrechterhalten. Der Abfallboden wurde von der Kammerschleuse aus der einseitig geschlossenen Muschelschleuse übernommen¹⁾.

Mit der Einführung des vorherigen Wasserspiegelausgleiches durch Torschütze konnte Leonardo da Vinci die Muschelform verlassen, da die durch den Wassersturz bedingte seitliche Lagerung der Schiffe nunmehr fortfiel. Damit wurde auch das Einflußgebiet des Wassersturzes der Muschelschleuse bei der Kammerschleuse zur Aufnahme von Schiffen frei.

Historisches Ergebnis.

Für Italien ist das historische Ergebnis:

1. Die einseitig (unterhäuptig) geschlossene Kammerschleuse (Muschelschleuse, ital. conca) wird erstmalig 1420 erwähnt. Im Jahre 1439 wurde der Bau der Muschelschleuse zu Viarena ausgeführt. 1445 bestanden bereits zahlreiche Muschelschleusen, die bis zum Anfang des 17. Jahrhunderts die in Italien vorwiegende Schleusenform waren.
2. 1452 wurde durch Leone Battista Alberti der Vorschlag zu einer durch zwei Stauschleusen verschließbaren Kammer-(Schleppzug-)schleuse gemacht. Die Kammer war die zwischen den beiden um eine Schiffslänge auseinander liegenden Stauwerken liegende Flußstrecke. Die praktische Ausführung des für Italien ungewöhnlichen und abseits stehenden Vorschlages Albertis ist nicht überliefert.
3. 1497 bestanden mehrere massive Kammerschleusen, die zum gleichzeitigen Durchschleusen mehrerer Schiffe eingerichtet und von Leonardo da Vinci erbaut waren.
4. Es ist durchaus wahrscheinlich, daß die Einbringung eines zweiten (oberhäuptigen) Verschlusses bei der „massiven“ Kammerschleuse Leonardo da Vinci zuzuschreiben ist.

Technisches Ergebnis.

Das technische Ergebnis ist:

1. Die doppelseitig geschlossene Kammerschleuse ist in Italien aus der einseitig (unterhäuptig) geschlossenen Muschelschleuse (conca) hervorgegangen. Beide erfüllen den gleichen Zweck: Schiffe gefahrlos durch zeitweiligen Wasserspiegelausgleich von einer niederen auf eine höhere Wasserhöhe zu heben und zu senken.
2. Die Kammerschleuse vermeidet die Nachteile der Muschelschleuse und macht die Schifffahrt, und zwar sowohl die Berg- als auch die Talfahrt, bequemer.
3. Die Vervollkommnungen durch Leonardo da Vinci, wie insbesondere die Schaffung eines vorherigen Wasserspiegelausgleiches (d. h. vor dem Öffnen der Tore) gaben der Kammerschleuse bereits um 1500 ideell die ihr auch heute noch eigene Grundform.

¹⁾ Wir finden den Abfallboden auch bei Leonardo da Vinci in Verbindung mit einem Paar Stemmtoren am Oberhaupt dargestellt. Einen Teil der Leonardoschen Zeichnungen enthält Vittorio Zoncas *Novo Teatro di Machine*.

Zusammenfassendes Ergebnis der alttechnischen Geschichte des Schiffsschleusenbaues.

Für den Bau der ersten Kammerschleusen in Europa kommen Deutschland, Holland und Italien in Frage. In den übrigen Ländern ist er jüngeren Zeitpunktes.

Wenngleich der Endzweck, Wasserspiegelunterschiede in einer für die Schifffahrt gefahrlosen und zunehmend bequemeren Weise zu überwinden, in den drei Ländern der gleiche ist, so ist doch die Form des Vervollkommnungsganges in ihnen verschieden, da die Eigenart der Länder den Stauwerken andersartige Aufgaben stellte.

Während die Schleusen Hollands in den Kanälen die schiffbare Wassertiefe zu erhalten hatten, dienten die Schleusen Deutschlands und Italiens vorwiegend zur Schiffbarmachung von Flußläufen, die in Deutschland ein kleineres Gefälle als in Italien haben.

Mit Ausnahme von Holland, von dem wissenschaftlich einwandfreie Belege fehlen oder nicht aufzufinden waren, macht in Deutschland die Wiederholung (Verdoppelung) der einfachen Stauschleuse sowie die durch das Material (Holz) bedingte Eigenform der Kistenschleuse und in Italien die Muschelschleuse (conca), als unterhäuptig geschlossene Kammerschleuse, den eigentlichen Übergang zur Kammer-
schleuse aus; und zwar ist die Muschelschleuse die praktisch vollkommenere Vorform.

Die ältesten Baudaten bzw. Nachrichten über eine Schiffskammerschleuse sind:

1. für Holland das Jahr 1203, wahrscheinlich aber 1413. Die einwandfreie Entscheidung über die damalige Bedeutung der Worte „verlaat“ und „kolk of schutthinge“ ist Aufgabe der Sprachforschung;

2. für Deutschland das Jahr 1325 als Baujahr für doppelte Stauschleusen, 1398 bzw. 1448 als Baujahr der ersten Kistenschleusen. Die erste massive (steinerne) Kammerschleuse in Kesselform wurde 1569 gebaut;

3. für Italien das Jahr 1420 für die Muschelschleusen (conca), 1452 für doppelte Stauschleusen (ein Vorschlag von Leone Battista Alberti) und 1497 für die doppelseitig geschlossene, massive Kammerschleuse mit Einrichtungen zum Füllen und Entleeren, wie sie Leonardo da Vinci auf technischer Grundlage erstmalig entworfen und erbaut hatte¹⁾.

Die Erfahrungen an den älteren, sowohl in der alttechnischen Konstruktion als auch im Betrieb noch mangelhaften Schiffsschleusen führten allmählich zu weiteren Vervollkommnungen, deren Ergebnis die Kammerschleuse wurde. Mit anderen Worten: Die Kammerschleuse ist ein empirisch gewonnener Grad der Idee des Problems, Schiffe gefahrlos und bequem zu schleusen. Von einer eigentlichen „Erfindung“ kann demnach nicht gesprochen werden.

Mithin muß der in der Wasserbauliteratur obiger drei Länder lange Zeit geführte

¹⁾ Für die rein historische Geschichtsforschung wäre es eine des Nachforschens werte Aufgabe, zu untersuchen, ob vielleicht infolge des vor 1300 bestandenen Handelsweges Italien—Flandern—England oder infolge des verbreiteten Wirkens des von Italien (Venedig) nach Deutschland übersiedelten deutschen Ritterordens oder infolge der Handelsbeziehungen der Hansa mit Holland eine Übertragung der Idee eines doppelten Verschlusses, d. h. der Kammer-
schleuse und ihrer Füll- und Entleereinrichtungen, stattgefunden hat.

Das vorliegende wissenschaftliche, historisch nur begrenzte Teilergebnis, wonach der Übergang der Kammerschleuse sich erfahrungsmäßig und allmählich und sich daher in Deutschland, Holland und Italien selbständig entwickelt haben dürfte, läßt lediglich die Frage der direkten Übertragung und allein aus ihrer erfolgten Ausführung der Kammerschleuse offen.

lebhafter Streit über das Vorrecht der Erfindung der Kammerschleuse nach den vorliegenden Ergebnissen wissenschaftlich in folgendem Sinne gezeichnet werden:

1. Eine „Erfindung“ der Schiffskammerschleuse liegt in keinem der drei Länder vor. Nachweisbar sind lediglich allmähliche Vervollkommnungen schiffahrtlich unzureichender Schleusenbauten zu erfahrungsmäßig verbesserten Schleusenformen.

2. Die „Kisten- oder Kastenschleuse“ Deutschlands und in praktisch brauchbarer Form die „Muschelschleuse“ (conca) Italiens stellen einheitliche, in sich zusammenhängende Bauwerke einer Idee dar, der man das Symptom einer „Erfindung“ zuschreiben kann. Ihre „Erfinder“ sind aber nicht genannt und bis heute unbekannt.

3. Die in der durch den Abfallboden gebildeten Muschelschleuse (conca) liegende Grundidee darf, wie auch die der Kisten- oder Kastenschleuse, als eine wirklich ingeniose angesprochen werden.

4. Einrichtungen zum Füllen und Entleeren finden sich erstmalig bei Leonardo da Vinci, dem wir die Kenntnis der Torschütze verdanken, und bei Simon Stevin, der in seinen Schleusengrundriß Umläufe einzeichnete. Umläufe sind fraglos die jüngere Lösung zum vorherigen Wasserausgleich.

Diese beiden Einrichtungen zum Füllen und Entleeren sind die ideell und praktisch grundlegendsten Erfindungen des gesamten Schleusenbaues. Ihr einfacher Mechanismus löste die damals schwierigsten Probleme der Hydrostatik in überraschend einfacher Form.

Die technische Würdigung der Muschel- und Kammerschleuse.

Die umstehende Tabelle gibt eine Übersicht der einzelnen vortechnischen Entwicklungsphasen. Und zwar bestimmte die jeweilige Form des Schleusenstauwerkes die Art des Schiffverkehrs und -betriebes und andererseits wiederum die verschiedenen Entwicklungsphasen des Problems, die Schiffsladung ohne und mit Schiff auf Land- und Wasserpaß zu schleusen.

Wenngleich der Übergang vom Teilstrecken- zum Durchgangsverkehr dadurch, daß der Landpaß durch einen schiffbaren Wasserpaß ersetzt wurde, bereits von seinerzeit einschneidender Bedeutung war, so schuf doch ohne Frage der Übergang von der zeitlich beschränkten zur ständig offenen Schifffahrt, d. h. der Übergang vom Durchschleusen der Schiffe auf fließendem Wasser ohne vorherigen Wasserspiegelausgleich zum Durchschleusen der Schiffe auf stehendem (Stau-) Wasser mit vorherigem Wasserspiegelausgleich (innerhalb der Kammerschleuse) die bis heute vorherrschende Entwicklungsbasis und damit die Möglichkeit, das in sich begrenzte Flußschiffahrtsnetz durch ein ebenso und noch weiter verzweigtes Kanalschiffahrtsnetz zu stärken.

Im Gegensatz zur einfachen Stauschleuse, die das Durchschleusen der Schiffe nur in einer, für die Schifffahrt unzulänglichen Weise gestattete, sind die Muschel- und die Kammerschleuse dadurch die vollkommeneren Schleusengattungen, daß sie die gefahrlose Durchschleusung der Schiffe erzielten.

In der Erfüllung dieser schiffahrtlichen Forderung — Durchschleusung ohne Gefahr für Schiff und Mannschaft — liegt der eigentliche Grundzweck der Muschel- und Kammerschleuse und die Ursache ihres Entstehens.

Die Lösung beruht darin, daß

1. die Durchschleusung statt auf fließendem, auf Stauwasser erfolgt, und

Tabelle der Entwicklungsphasen.

Nr.	A. des Problems, Schiffsloadungen ohne und mit Schiff zu schleusen	B. der Art des Schleusentauerkes	C. des Schiffsverkehrs	D. des Schiffsbetriebes
1	<p>Güter über Land</p> <p>durch zeitweiliges Entfernen der Güter aus Schiffskörper und Umladen in ein anderes Schiff</p> <p>α) ohne mechanische Hilfsmittel</p> <p>β) mit mechanischen Hilfsmitteln</p>	<p>Ständig geschlossen (Durchgehender Dammbau, ohne u. mit Kran)</p>	<p>Teilstreckenverkehr</p>	<p>Einzelschiffahrt</p>
2	<p>Schiff auf Landpaß</p> <p>durch zeitweiliges Entfernen von Schiff mit Ladung aus dem Wasser</p> <p>a) durch Ziehen über Land</p> <p>b) durch Rollen über zwei geneigte Ebenen („Rollbrücken“)</p> <p>α) ohne mechanische Hilfsmittel</p> <p>β) mit mechanischen Hilfsmitteln</p>	<p>1</p> <p>2</p>	<p>Durchgehender Verkehr</p>	<p>Gruppenschiffahrt</p> <p>Einzelschiffahrt</p>
3	<p>Schiff auf Wasserpaß</p> <p>durch Schleusen des Schiffes mit Ladung</p> <p>a) auf fließendem Wasser ohne vorherigen Wasserspiegelausgleich</p> <p>b) auf stehendem (Stau-) Wasser mit vorherigem Wasserspiegelausgleich und heute wieder ohne vorherigen Wasserspiegelausgleich</p> <p>α) ohne mechanische Hilfsmittel</p> <p>β) mit mechanischen Hilfsmitteln</p>	<p>Ständig offen (Teildämme und „Rollbrücken“) zeitweilig geschlossen durch lösbare Stauwerke</p> <p>Einfache Stau- Schleuse</p> <p>Unzusammenhängende doppelte Stau- Muschel- Schleuse</p> <p>Zusammenhängende doppelte Stau- als Kammerschleuse</p> <p>mit → Umlauf (Torschütz) ← ohne</p> <p>ohne → Sparanlagen ← mit</p>	<p>Wasserzeitlich beschränkt (intermittierend)</p> <p>Schleusen- (schiffahrt-) zeitlich beschränkt</p>	<p>Gruppenschiffahrt</p> <p>Einzelschiffahrt</p>

2. die Gefällshöhe als Spiegelunterschied zwischen Ober- und Unterwasser konstant bleibt, indem der Spiegelausgleich nur zeitweilig und nur im Innern der Kammer stattfindet.

- 1 und 2 bedingen die Zerlegung der vordem schrägen Fahrbahn in eine wage- und lotrechte Bewegungsrichtung von Schiff und Wasser, wobei
3. der auf den Kammerinhalt beschränkte Wasserverbrauch eine durch 1 und 2 bedingte, aber in früheren Zeiten durchaus nebensächliche Erscheinungsform ist, die erst in neuerer Zeit mit steigendem Verkehr — neben der gegebenen Möglichkeit der Gefällsüberwindung — in Form der Wasserersparnis als eine wesentlich maßgebende Forderung an die Kammerschleuse und insbesondere an die Kanalkammerschleuse in den Vordergrund trat.

Und zwar erreicht die Kammerschleuse die unter 1—3 genannten Vorgänge in vollkommener Form als die Muschelschleuse — allein durch die Wiederholung und Übertragung des von der Muschelschleuse am Unterhaupt vollzogenen Prinzips der kommunizierenden Röhren auch auf das Oberhaupt, wobei die Kenntnis der Torschütze als Einrichtung zum vorherigen Wasserspiegelausgleich zur Verdoppelung des Verschlusses und damit zur Befreiung des Schleusungsvorganges vom Strome des Wassers geführt hat.

Der Grad dieser Vervollkommnungen (1—3) besteht grundsätzlich nur in der **zweimaligen** Anwendung des Prinzips der kommunizierenden Röhren und kennzeichnet hierin und in dem Vorhandensein vorherigen Wasserspiegelausgleichs den Fortschritt der Kammerschleuse gegenüber der Muschelschleuse als der natürlichen Grundform der Kammerschleuse.

Die Wasserersparnis, d. i. die Beschränkung des Schleusungsverbrauchswassers auf den Kammerinhalt, beruht auf der Einschaltung eines Zwischenbehälters zwischen Ober- und Unterwasser zwecks zeitweiligen Wasserspiegelausgleichs. Wesentlich ist hierbei, daß diese Wasserersparnis ursächlich überhaupt nur durch das Zeitweilige des Wasserspiegelausgleichs ermöglicht und nur in Verwirklichung des Prinzips der kommunizierenden Röhren geschaffen wird.

Abb. 23 und 24 zeigen die unterschiedliche Art, in der der Wasserspiegelausgleich bei der doppelten Stau- und bei der Muschelschleuse erreicht wird: was der einen der obere Verschuß, ist der anderen die Abfallmauer. Beide bilden mit dem unteren Verschuß den Behälter, die Kammer.

Während bei der doppelten Stauschleuse der obere Verschuß zur Bildung der Kammer unerläßlich ist, kommt ein oberer Verschuß der Muschelschleuse, wodurch sie zur Kammerschleuse wird, lediglich einem **Verfeinerungsgrad schiffahrtlicher Bequemlichkeit** gleich, durch den gleichzeitig der Schleusungswasserverbrauch vermindert wird.

Die Zerlegung der schräg abfallenden Bewegungsrichtung (Abb. 14) in eine wage- und lotrechte ist das Ergebnis einer (zeiterfordernden) Arbeitsleistung,

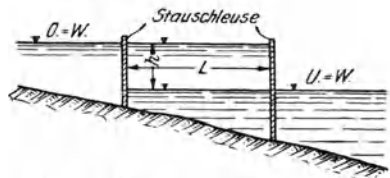


Abb. 23. Wasserspiegelausgleich bei der doppelten Stauschleuse.

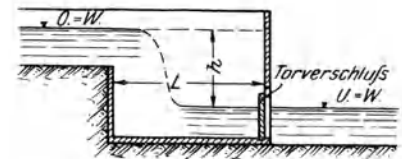


Abb. 24. Wasserspiegelausgleich bei der Muschelschleuse.

die von der als Fang- und Staubecken wirkenden Kammerschleuse vollzogen wird und das Wesen der Kammerschleuse als Maschine — sie ruft die Bewegung von Massen hervor — ausmacht.

Die Durchgangskammerschleuse.

Der Zeitverlust, den die Schifffahrt beim Durchschleusen erleidet, ist das Hindernis aller Einrichtungen schiffbarer Gefällsüberwindung — Kammerschleuse, Hebewerk, geneigte Ebene usw. — und entfällt zum weitaus größten Teil auf das verlangsamte Ein- und Ausfahren und den Vorspannwechsel. Nach dem heutigen Stand der Einrichtungen zum Toröffnen und -schließen, zum Füllen und Entleeren und der zweckmäßig räumlichen Grundrißgestaltung als Einzel-, Schleppzug- oder Schachtschleuse sowie der Lage von Ein- und Ausfahrt — ist mit einer weiteren, wirklich einschneidenden Herabsetzung des schiffahrtlichen Zeitverlustes durch Verkürzung der Durchschleusungszeit absehbar kaum zu rechnen.

Es sei denn, daß die in dem „vorherigen“ Wasserspiegelausgleich liegende Grundidee der Kammerschleuse aufgegeben wird.

Jüngere Bestrebungen sind bereits darauf gerichtet, diesen Schritt zu vollziehen und haben einen — nur skizzierten und noch nicht verwirklichten — kombinierten Schifffahrts- und Schleusenbetrieb entworfen. In dem geplanten Schleusenbetrieb ohne eigentliche Kammerschleuse erkennt der technisch-historische Kritiker eine neuzeitliche Form der alttechnischen Stecknitzfahrt auf Schwellungen wieder und erkennt gleichzeitig als Neues: auffallende Symptome zur Ausschaltung des schiffahrtlichen Zeitverlustes, insbesondere auch beim Ein- und Ausfahren.

Als wesentliche Unterschiede der alten und der entworfenen neuen Fahrt auf Schwellungen sind zu kennzeichnen:

1. Die Fahrt auf den, nach Erfordernis nur unregelmäßig den Schiffen nachgesandten und plötzlich wasserfallartig abschießenden Schwellungen der Stecknitzfahrt wird durch geeignete Verschußformen und regelmäßig mitlaufende Schwellungen zu einer Fahrt auf gleichmäßig ablaufenden und sich allmählich ausgleichenden Schwellungen.
2. Die durch Entfernung der Torbekleidung durch Aufziehen der „Schütten“ gelöste Aufgabe des zeitweiligen Wasserspiegelausgleiches wird hier durch Anheben der gesamten Torkonstruktion erreicht. Sowohl die alte wie die neue Fahrt auf Schwellungen vollziehen also den Wasserdurchfluß in voller Querschnittsbreite, mit dem bestimmenden Unterschied in der allmählichen Vergrößerung: früher der Querschnittsbreite, heute der Querschnittshöhe in voller Breite.

Auf die normale Kammerschleuse bezogen ergibt sich der Unterschied in der gerade heute von Prof. Franzius für neuzeitliche Kanalbauten empfohlenen Übertragung der Aufgabe (Herstellung) des zeitweiligen Wasserspiegelausgleichs, d. h. des Füllens und Entleerens, von den Nebeneinrichtungen, wie Umlauf und Torschütz, auf die Durchfahrtstore selbst. Als geeignete Verschußform, die nicht nur das Öffnen gegen den Überdruck des Oberwassers, sondern die Verwendung der Verschlüsse selbst und in ganzer Breite zum Füllen und Entleeren gestattet, hat man das Segmenttor und das für den Torkanalisierungsentwurf der Werra vorgeschlagene Hubtor gewählt.

3. Wasserspiegelausgleich und Schiffsdurchschleusung erfolgen zu gleicher Zeit und in gleicher Zeitdauer¹⁾. Die Zeitgleiche dieser beiden Faktoren

¹⁾ Die Stauverschlüsse werden in gleichen Abständen und in der maßgeblichen Entfernung angelegt, daß das oben einfahrende und die Haltung ohne Fahrtunterbrechung und -verminderung durchfahrende Schiff den nächstunteren Verschuß in gleicher Zeit erreicht, in der der Wasser-

macht die Durchschleusung zu einer „schiffahrtlich zeitverlustlosen Durchschleusungsfahrt“.

Die Verjüngung einer veralteten, als Fahrt auf Schwellungen bezeichneten Betriebsweise zeitigt also mit Hilfe von inzwischen technisch hinreichend ausgebildeten Hilfsmitteln ein neuzeitliches Schleusungsverfahren. Es schaltet die der alten Stecknitzfahrt eigenen Nachteile (vgl. 1 und 2) aus und läßt (vgl. 3) als vollkommenes neues Moment theoretischer Überlegung die Verschmelzung von Schiffahrt- und Schleusenbetrieb, d. h. die Einpassung zweier bisher auseinanderstrebenden Betriebsvorgänge ineinander, entstehen. Hierin, in dem Auffinden (Entdecken) neuer Grundeigenschaften aus alten, aber technisch vervollkommeneten Vorgängen, liegt der große Wert technisch-historisch entwickelten Forschens.

Der von Ministerialdirektor Dr.-Ing. Sympher ausgearbeitete Heubachsche Weg, Schiffe nach obiger Anordnung, die als „Durchgangskammerschleuse“ bezeichnet werde, zu schleusen, stellt den ersten Übergang von der Kammerschleuse zur Durchgangskammerschleuse und einen ersten Versuch zur Lösung eines neuen Problems, Schiffe ohne Zeitverlust zu schleusen, dar.

In der praktischen Auswertung der Idee der Durchgangskammerschleuse in ihrer augenblicklichen Entwurfsform ergibt sich als unverkennbares schiffahrtliches Bedenken die auf der gleichen Zeitdauer von Fahr- und Füllzeit beruhende Zwangsläufigkeit, mit der der Schiffahrtsbetrieb sich in den Schleusenbetrieb einzufügen hat — statt einer technisch noch zu lösenden, zwanglosen Anpassung des Schleusen- an den Schiffahrtsbetrieb.

Der mithin noch offene Erweis praktischen Wertes der Durchgangskammerschleuse beeinträchtigt nicht die Bedeutsamkeit der in der gedanklichen Entwicklung des Problems der Schiffsdurchschleusung absolut neuartigen Symptome, deren technisch-historische Würdigung nicht übergangen und kurz wie folgt gefaßt werden kann: Der Gedanke der Durchgangskammerschleuse ersetzt den „vorherigen“ Wasserspiegelausgleich, dessen Einführung um 1500 die grundlegende Gestaltung der Kammerschleuse vollzog, heute nach 400 Jahren durch den „gleichzeitigen“ Wasserspiegelausgleich. Er löst die Schleusungsfrage auf dem Wege, daß Schiff und Schleuse ihre Arbeitsleistungen — bei kleinen Gefällsstufen — nicht mehr, wie seither, nacheinander, sondern gleichzeitig vollführen.

In dem Torabstand der Durchgangskammerschleuse erkennt Verfasser als ein bisher unbekanntes Moment das „Temporale“ des Torabstandes. Der „temporale Torabstand“ ersetzt den heute üblichen, nach einer Raumgröße, und zwar nach Länge des Schiffes oder Schiffszuges bestimmten „dimensionalen“ Torabstand und ergibt sich aus den zwei Zeitgrößen Fahr- und Füllzeit.

In dem „temporalen Torabstand“ scheint die einzige Möglichkeit zur vollen Ausschaltung des Schleusungszeitverlustes infolge des Ein- und Ausfahrens der Schiffe (mit Vorspannwechsel) und darin in handels- und schiffahrttechnischer Beurteilung — von allen Nebenumständen abgesehen — das Schwergewicht der praktisch nur bei Schaffung einer schiffahrtlich zwangloseren Betriebsbasis zu verwirklichenden Durchgangskammerschleuse gegenüber allen heutigen Einrichtungen schiffahrtlicher Gefällsüberwindung gegeben.

spiegelausgleich der durchfahrenen Haltung mit der nächstfolgenden, zu durchfahrenden Haltung stattfindet. (Vgl. Sympher und Helmershausen, Schiffbarmachung von Flüssen durch Stautore.)

Die Weiterentwicklung der Kammerschleuse.

Die bisherigen kritisch-technisch-historischen Darlegungen ergeben an Hand der praktisch ausgeführten Stauwerke die Theorie des „Wie“ der Entstehung der Kammerschleuse:

... „Um natürliche Flußläufe mit Schiffen befahren zu können, wurde ihr Abfluß in voller Breite durch feste Stauwerke gesperrt und auf diesen „Teilstrecken“ eine „unterbrochene Schifffahrt“ ermöglicht. Mit der Einführung eines lösbaren Stauwerkes an schiffahrtshinderlichen Gefällspunkten wurde sie zu einer wasserzeitlich beschränkten (intermittierenden) „durchgehenden Schifffahrt“. Für die Schifffahrt waren solche Durchfahrten gefahrlos und beschwerlich. Um eine gefahrlose Durchfahrt der Schiffe zu erreichen, wurden doppelte, lösbare Stauwerke gebaut.

Sie regelten die Schifffahrt und machten sie zu einer wasserzeitlich nicht beschränkten und bequemeren und wurden mit der Kenntnis geeigneter Einrichtungen zum Füllen und Entleeren zu der heutigen Kammerschleuse ausgebaut, mit dem Zwecke, den Stau (die Begrenzung des Ober- und Unterwassers) durch die zweimalige Anwendung des Prinzips der kommunizierenden Röhren allmählich (gefahrlos) und vorübergehend (zeitweilig) von dem einen Torverschluß auf den anderen zu übertragen.“ ...

Die Kammerschleuse ist eine Transportmaschine und zeichnet sich wie diese durch den hohen Grad der Sicherheit aus. Wie bei jeder anderen Maschine zeigt daher ihre Entwicklung neben stets gewahrter Sicherheit in Anlage und Betrieb und neben den laufenden Bestrebungen auf zunehmende Bequemlichkeit und Erleichterung der Bedienung der Schleuse in allen ihren Teilen — die Erhöhung der Leistungsfähigkeit, d. h. Steigerung der Schnelligkeit, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit von Anlage und Betrieb. Wie bei allen anderen Maschinen treten hierbei, sobald eine überlegene Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Zweckmäßigkeit des Betriebes gewährleistet sind, die Kosten der Anlage in den Hintergrund.

Die Kriterien des in der Steigerung des Güterverkehrs wurzelnden Vervollkommnungsganges der Kammerschleuse sind also: Steigerung der Wirtschaftlichkeit und Sicherheit und Beschleunigung des Betriebes.

Die Wirtschaftlichkeit wird zweckmäßig nach Anlage und Betrieb getrennt.

Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Anlage.

Die Kammerschleuse hat wie jedes andere Bauwerk mit wachsender Erfahrung und zunehmenden statischen Kenntnissen eine leichtere, sicherere und elegantere Bauart erfahren¹⁾. Langsam und stetig ist dies vor sich gegangen, wobei nennenswerte Umwälzungen sich nicht vollzogen haben. Ausgenommen die durch Einführung des Portlandzementes ermöglichten größeren Bauwerksabmessungen und

¹⁾ Vgl. Rziha: „Bis um 1600 war der Schleusenbau — wie die Ingenieurbaukunst überhaupt — allein der Ausfluß der Erfahrung, wobei die national-ökonomische berechnende Basis fehlte. Letztere und damit die Ingenieur- und Naturwissenschaft beginnt erst mit Galileo Galilei auf Grund der mathematischen Erkenntnis der physikalischen Gesetze, wobei Galilei sich auf Cordanus, Stevinus und Kopernikus stützt. Der Rüdersdorfer und Lychener Kanal sowie die Schleusenbauten Leonardo da Vincis sind die Vorläufer des ersten, mit den Elementen der Hydraulik konstruierten Kanals zwischen Seine und Loire (1606—24). Seit Galilei wird im Bauwesen mathematisch konstruiert. Es ist zu trennen nach der Konstruktionsberechnung (feste und wissenschaftlich unfehlbare Gesetze) und nach der Geldberechnung (individuell fehlbarer Erfahrungsfaktor).“

Bauausführungen auch im ungünstigen Baugelände und mit Ausnahme der günstigen Eisenkonjunktur um 1900, wo die niedrigen Eisenpreise eine weitgehende Verwendung des Eisens im Schleusen- und Schiffsbau begünstigten, womit gleichzeitig die Tragfähigkeit und die Zahl der Dampfboote (besonders mit Einführung des Verbundsystems für die Schiffsmaschine) zunahm.

Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes.

1. Durch Verminderung des Schleusungsverlustwassers (durch besser dichtende Verschlüsse einschl. Einführung der Stemmtore und neueren Torarten). Unter den zahlreichen, dem Handbuch der Ingenieurwissenschaften zu entnehmenden Neuerungen zur Lösung der Frage erzielte nur eine, und zwar die Erfindung des Geh. Baurat Dr.-Ing. Hotopp, die absolute Trennung von Ober- und Unterwasser. Sie beruht auf dem im Schleusenwesen für sich stehenden, einzigartigen Gedanken, den Umlauf allein durch die Linienführung¹⁾ zu einer absoluten Trennung von Ober- und Unterwasser zu befähigen und ihn mittels Saugglocke als Heber zu betätigen (vgl. auch „Die Verwendung von Heberverschlüssen bei Kammerschleusen“ von Dr.-Ing. Christian Havestadt).

2. Durch Verminderung des Schleusungsverbrauchswassers (Wasserersparnis durch Aufspeicherung). Von überwiegendem Einfluß ist hier allein die Erfindung der Sparschleuse²⁾ und in Verbindung mit ihr die Erfindung der Schachtschleuse³⁾ geworden. Beide, Spar- und Schachtschleuse, sind wie die Kammer- schleuse aus rein örtlichen Verhältnissen entstanden.

Beschleunigung des Betriebes (zur Verkürzung der Durchschleusungszeit).

Durchgreifenden Einfluß erlangte allein die Einführung des Maschinen- und in absolut beherrschender Weise die des unabhängig vom Erzeugungsorte verwendbaren elektrischen Antriebes, der erstmalig um 1900 bei der Schleuse zu Sault St. Marie in Amerika angewandt wurde. (Vgl. Dr.-Ing. W. Gehler, Vergleich zwischen den verschiedenen Betriebsarten von Schleusenanlagen.)

Besondere Beachtung im Schleusenwesen verdienen noch und sind — mit Ausnahme von 1 — als ihm wesentlich eigen anzusprechen:

1. die Anwendung von Gegengewichten, wodurch die Arbeitsleistung auf die Reibungsarbeit ermäßigt wird⁴⁾;
2. die Ausnutzung des Auftriebes zur Gewichtserleichterung und Hervorrufung von Tor- und Schützbewegung;

¹⁾ In der Linienführung überhaupt liegt ein ebenso umfassendes als wissenschaftlich noch zu lösendes Problem hochwertigen Inhaltes. Der Abfallboden der Kammerschleuse selbst muß als solches angesprochen werden.

²⁾ Die 1843 von Dubié erfundene, zwischen Fürnis und Ypern erbaute Sparschleuse hatte 6,40 m Gefälle. Da das Gefälle von einer Anhöhe herrührte, legte Dubié auf dem Abhange des Hügels in verschiedenen Höhen an jeder Seite der Kammer einen Wasserbehälter an und konstruierte hierdurch eine Wasserersparnis von etwa der Hälfte des Gesamtverbrauches.

³⁾ Die erstmalig 1748 vom Polhelm und Elvius entworfene Schachtschleuse in dem mit reichlichem Wasserzufluß versehenen Götakanal gebot durch die felsenartige Schlucht die Anlegung des unteren Kanals als unterirdische Kanalstrecke nach Art eines schiffbaren Tunnels. Die das Gestein tunnelartig durchbrechende Führung des Unterhauptes gestattete, den Untertoren eine erheblich kleinere Höhe als es die Gefällshöhe war, zu geben und sie gegen das Mauerwerk des überwölbten Unterhauptes anzulehnen.

⁴⁾ Hierbei ist zu beachten, daß die Verringerung der Widerstände und die Vergrößerung der Kräfte insofern ein und derselben Wurzel entspringen, als beide die gleiche Wirkung haben.

3. die Gefällsausnutzung.

Bei der Ausnutzung der Gefällsenergie ist noch — abgesehen von der Ausnutzung in Form der Wasserersparnis¹⁾ — zu trennen nach indirekter²⁾ und direkter.

Die direkte Gefällsausnutzung zeigt bisher drei Arten:

α) Das Gewicht des Wassers wird direkt zum Antrieb ausgenutzt (Nyholm, Wayer, Dr. Klirr³⁾).

β) Die Gefällsenergie wird zur Erzeugung von Luftunter- und -überdruck wirksam gemacht. Dieses, von Dr.-Ing. Hotopp erfundene Verfahren arbeitet pneumatisch und bezieht erstmalig das Arbeitsvermögen atmosphärischer Druckunterschiede in das Schleusenwesen ein. Seine erste Verwirklichung fand es 1900 an den Schleusen des Elbe-Travekanals.

γ) Die Gefällshöhe wird zum Heben und Senken eines Schwimmkörpers ausgenutzt, indem das auch im eigentlichen Schleusungsvorgang liegende archimedische Prinzip auf Hilfsanlagen übertragen wird. So von Baurat Franke auf die Torbewegung, und als jüngste, noch nicht verwirklichte Erfindung des Architektgenieurs Schneiders (Aachen) auf bewegliche, in einem besonderen Wasserbehälter schwimmende Kammern (Hilfs- oder Ausgleichschleusen). Das Schneiderssche System erreicht die Schleusung ohne Schleusungswasserverlust (Kammerwasserverlust)⁴⁾.

Die Weiterentwicklung der Kammerschleuse (nach ihrer Entstehung) folgt:

1. der wassertechnischen Forderung auf größtmögliche Wasserersparnis, die zu der Spar- und der ihr verwandten Schachtschleuse⁵⁾ und über Schnapp- von Gerstenbergk zu dem ohne Kammerwasserverbrauch arbeitenden Schleusenausgleichssystem von Schneiders führte, und

2. unter dem Druck sich steigenden Güterverkehrs den beiden schiffahrtlichen Forderungen auf größere Bequemlichkeit und Schnelligkeit des Schleusungsvorganges unter Steigerung des der Kammerschleuse möglichen Sicherheitsgrades.

In der gleichzeitigen Erfüllung dieser einander widerstrebenden Forderungen liegt ein „innerer“ Widerspruch, dessen Lösung — auch

1) Wasserersparnis und Gefällsausnutzung entspringen gleichfalls einer Wurzel, nämlich der der Wirtschaftlichkeit bezüglich der Energie des Oberwassers.

2) Z. B. durch Turbinen in Verbindung mit Dynamomaschinen, zum erstenmal an der Schleuse Sault St. Marie, ferner zu St. Denis und am Oder-Spreekanal ausgeführt.

3) Nyholm wandelt die aufgespeicherte Wasserkraft direkt in mechanische Arbeitsleistung zur Bewegung von Tor und Schützen um. — Dr. Klirr (Prag) überträgt die von dem Holländer Wayer ersonnenen Fächertore auf den unterhäuptionen Umlauf in Gestalt eines Winkelschützes mit direktem Wasserdruckantrieb.

4) Die von den Schiffen durchfahrenen Kammern sind feste, massive Kammern. Teleskopartig ineinander schiebbare Rohre — der dem Verf. unter Nr. 281 600 patentierte Heber mit beweglichem Scheitel besteht gleichfalls aus teleskopartig ineinander schiebbaren Rohren — verbinden die festen Kammern mit zwei Hilfsschleusen, von denen jede in zwei übereinander liegende Ausgleichskammern geteilt ist. Die Hilfsschleusen schwimmen in einem besonderen, massiv begrenzten Wasserbehälter und heben und senken sich bei geringem Überdruck des Oberwassers, um durch Aufnahme oder Abgabe ihres ganzen Kammerinhaltes auf dem Wege durch die Teleskoprohre die eigentlichen (massiven) Schiffsschleusen zu füllen oder zu entleeren.

5) Die Schachtschleuse ist als geeignete Sonderform der Sparschleuse zur Überwindung großer Gefälle zu nennen. Die geneigten Ebenen als verjüngte Form der alten „Rollbrücken“ und „Schleppen“ und die Hebewerke einschließlich Tauschschleuse verlassen die Grundidee der Kammer- schleuse, die Gefällsüberwindung lediglich durch vorherigen Wasserspiegelausgleich innerhalb einer festen Kammer herzustellen, indem sie statt der festen eine bewegliche Schiffskammer vorsehen.

heute noch — ständig neue Schwierigkeiten des unabgeschlossenen Problems schiffahrtlich vollkommener Durchschleusung zeitigt und in ihrer Erfüllung im wesentlichen die laufende Geschichte des Schleusenwesens¹⁾ ausmacht. Als Leitfaden läßt sie die stete Befolgung des Grundprinzips der gesamten Technik erkennen: die von Schiffahrt, **Handelstechnik** (und Wassertechnik) gestellten Probleme, Schiffe sicher, bequem, schnell, **wirtschaftlich** (und ohne Wasserverbrauch) zu schleusen, fortschreitend im Sinne des (überall herrschenden) Urprinzips vom kleinsten Kraftaufwand zu lösen, unter Heranziehung aller zur Anlage gehörigen als auch der den Betrieb direkt oder indirekt bewerkstelligenden Energieform. Und zwar ist das schiffahrtliche Problem als Wirtschaftsfaktor der Gütersteigerung, ihres Verkehrs und der Schiffsraumausnutzung die ursächlich treibende Kraft, der die wassertechnischen Probleme zu folgen und sie in möglichst vollkommener Weise zu erfüllen haben — nicht umgekehrt.

Zusammenfassung.

Schiffe können mit nur einem Stauverschluß geschleust werden: Stauschleuse ohne (Wasserlöse) und mit Abfallmauer²⁾ (Muschelschleuse). Um sie gefahrlos zu schleusen, wurde ein zweiter Stauverschluß eingebracht. Die Einführung von Nebenanlagen zum Füllen und Entleeren (Umlauf und Torschütz) zwecks „vorherigen“ Wasserspiegelausgleichs machte die Durchschleusung zu einer bequemen.

Aus dem Rahmen vielseitigster Kleinarbeit (im einzelnen vgl. Handbuch der Ingenieurwissenschaften) treten in kritisch-technisch-historischer Würdigung folgende Entwicklungsabschnitte (siehe Zusammenstellung S. 42) hervor.

Mit der Verdoppelung der Stauverschlüsse treten als Nebenerscheinungen während des Schleusungsvorganges die Beschränkung 1. des Wasserverbrauches auf den Kammerinhalt und 2. des Schiffsweges auf die Kammerlänge ein. Im Maße des steigenden Güter- und Schiffsverkehrs üben beide Nebenerscheinungen zunehmend nachteilige Wirkungen aus. Sie führen einerseits als wassertechnische Forderung zu gesteigerter Verminderung des Schleusungswasserverlustes und andererseits als schiffahrtliche Forderung zu größerer Bequemlichkeit und Herabsetzung des Schleusungszeitverlustes. Technisch wird dieser Entwicklungsweg im jeweiligen Auswechseln schwerfälliger Mechanismen durch zunehmend präzisionsmäßige, leichte und leicht und sicher spielende Mechanismen, wirtschaftlich in der Verringerung der Frachtraumnot durch Beschleunigung des Betriebes, mit anderen Worten durch Verringerung der Liegezeit, vollzogen.

Beide Forderungen, die wassertechnische und schiffahrtliche, zeitigten in unserer Zeit eine theoretische Lösung von Höchstwerten in dem Kammerschleusen- ausgleichssystem ohne Kammerwasserverlust und in der „temporalen“ Durchgangskammerschleuse ohne Schleusungszeitverlust.

¹⁾ Die Wissenschaft des Schleusenwesens (Kunst des Schleusenbaues und -betriebes) besteht zur Hauptsache in der Anwendung anderer Disziplinen zur Lösung des von der Schiffahrt und Wassertechnik gestellten Schleusenproblems. Hierbei stellt das Schleusenwesen den übrigen Wissenschaften ganz neuartige Aufgaben, deren Lösung aber mit bekannten Methoden erfolgt (wie z. B. die Statik der Schachtschleuse), oder aber vorhandene Aufgaben in erhöhter Form, vornehmlich in bezug auf die Bauwerksteile, die nach statischen oder dynamischen Zweckmäßigkeitsgründen ausgebildet werden, und weniger mit Bezug auf die maschinellen Einrichtungen, denen vom Schleusenbau kaum spezielle oder erhöhte Anforderungen gestellt werden.

²⁾ Die Abfallmauer bedingt den Abfallboden und dadurch die Gefällskammerbildung.

Entwicklung des Schleusungsproblems der Kammerschleuse.

Zeitabschnitt	Stand der Technik	Wasserspiegel- ausgleich	Torabstand	Wassertechnisches Schleusenproblem	Schiffartliches (handelstechnisches) Schleusenproblem	
Ältere Vergangenheit	Alt- technisch (unvoll- kommen)	Gleichzeitiger ↑ Vorheriger ↓ Gleichzeitiger	Durch Haupt- verschluß ¹⁾	Örtlich	Wasser- ansammlung	Gefahrlos
Jüngere Vergangenheit und Gegenwart	Praktisch benutzte Erfahrung		Durch Neben- verschlüsse ²⁾ (und jüngst) durch Haupt- verschluß ¹⁾ ↓	Dimen- sional	Grundlösung: Prinzip der kommuni- zierenden Röhren	Zunehmende Ersparnis an: Verbrauchswasser und Verlustwasser
Zukunft (offene Frage)	Wissen- schaftlich gewertete Erfahrung (vervoll- kommnete Technik)	Tempo- ral ³⁾		Ohne Wasserverlust		Grundforderung: Sicherheit

Wirtschaftliches . . . }
 Schiffartliches . . . } Grundprinzip vom kleinsten Kraftaufwand.
 Wassertechnisches . . }

Als besonderes technisch-historisches Merkmal in der Entwicklung der Kammerschleuse und in der technischen Entwicklung überhaupt treten die durch die jeweiligen Zeitverhältnisse bedingten Wechselbeziehungen zwischen Technik und Wirtschaft, beide von dem Grade ihrer Leistungsfähigkeit abhängig, auf. Sie finden ihren sprechendsten Ausdruck in dem Wiederauffinden und -aufgreifen alttechnischer Formen in technisch vollkommeneren Zeiten und in dem hieraus bei technisch-wirtschaftlicher Umwertung möglichen Erkennen absolut neuer Symptome.

Auch die letztgenannten Wechsel überdauert die Grundidee der Kammerschleuse, die in dem Prinzip der kommunizierenden Röhren eine der hervorragendsten und umfassendsten Ideen der Hydrostatik verwirklicht. Die Wiederholung dieses Prinzips ist die geniale Grundidee der Kammerschleuse. Sie erwirkt die allmähliche (gefahrlose) Übertragung des Staus von einem Torverschluß auf den anderen, durch deren Wechselspiel der Wasserspiegelausgleich allererst zu einem nur vorübergehenden, d. h. zeitweiligen, wird.

In dieser Grundeigenschaft: allmählicher (gefahrloser) und zeitweiliger Wasserspiegelausgleich liegt der hohe Grad der anlage- und betriebstechnischen Sicherheit und der bisher fast monopolartigen Stellung der Kammerschleuse als schiffahrtlicher Schleusungsweg „punktaler Gefällszusammenfassung“⁴⁾.

1) Hauptverschluß heißt: das Durchfahrtstor selbst.

2) Nebenverschlüsse sind: Torschütz und Umlauf mit seinen verschiedenen Verschlußarten.

3) Temporal heißt: ein nach der Schiffahrtszeit zu bemessender Torabstand.

4) Im Gegensatz zur anzustrebenden „linearen Gefällsauseinanderziehung“.

Literaturverzeichnis.

I. Mit Bezug auf die Abhandlung.

A. Vorläufer.

1. L. C. Sturm, Gründliche und praktische Unterweisung, wie man Fang-Schleusen und Roll-Brücken bauen sollte. Augspurg 1715.
2. J. Chr. von Dreyhaupt, Pagus Nelectici et Nudizi. Vom Saalstrom, denen auf selbigem erbaueten Schleusen... Halle 1755.
3. Hagen, Beschreibung neuerer Wasserbauwerke. Königsberg 1826.
4. Schwabe, Die Entwicklung der deutschen Binnenschifffahrt bis zum Ende des 19. Jahrhunderts. (Deutsch-Österr.-Ungar. Verband für Binnenschifffahrt, Nr. 44.) 1899.

B. Holland.

5. Simon Stevin, Nieuwe Manière van Stercteboo door Spilsluijsen (am Ende seiner Operum Mathem.). Rotterdam 1617.
6. — Dasselbe, Deutsch. Frankfurt 1631.
7. Albert Girard, Les œuvres mathématiques de Simon Stevin de Bruges. Le tout revu, corrigé et augmenté. Leyde 1634.
8. Simon van Leeuwen, Privilegien en Handvesten van Rijnland. 1667.
9. Cornelii Meyer, L'arte de restituire a Roma la tralascita navigazione del suo Tevere. 1685.
10. Bouillet, Traité des moyens de rendre les rivières navigables. 1693.
11. Commelin, Beschryvinge van de Stadt Amsterdam. 1694.
12. Halma, Tooneel der Nederlanden. 1710.
13. Joh. Rud. Fäsch, Traktat von den Mitteln, die Flüsse schiffbar zu machen. Dresden 1728.
14. F. van Mieris, Groot Charterboek der Graven van Holland. Leyden 1753/56.
15. Adrian Kluit, Historia critica comitatus Hollandiae et Zeelandiae. Medioburgi 1777/82.
16. Joh. Georg Büsch, Übersicht des Wasserbaues (der Wasserbaukunst). Hamburg 1796, 1804.
17. G. C. H. Buchholz, Praktische Anweisung zum Bau hölzerner Abwässerungsschleusen. 1829.
18. F. W. Conrad, Verspreide Bijdragen. 1849.
19. L. Ph. C. Van den Bergh, Register van Hollandsche en Zeemosche oorkunden die in de charterboeken van van Mieris en Kluit outbreken. Amsterdam 1861.
20. Fhr. L. F. Teixeira de Mattos, De waterkeeringen, waterschappen en polders van Zuid-Holland. s'Gravenhage 1906/08.
21. Pirenne, Bibliographie de l'histoire de Belgique.

C. Deutschland.

22. Samuel Stryk, Dissertatio Juridica de Jure cataractarum. Halle 1696.
- 22a. Rudolf Fäsch, Traktat von den Mitteln, die Flüsse schiffbar zu machen mit unterschiedlichen Dessins. Dresden 1728.
23. Belidor, Architectura Hydraulica. Paris 1737/51, Augsburg 1766 71.
24. Hogrewe, Geschichte der inländischen Schifffahrt. Hannover 1780.
25. — Beschreibung der schiffbaren Kanäle. Hannover 1780.
26. — Praktische Anweisung zur Baukunst schiffbarer Kanäle. Hannover 1805.
27. Woltmann, Baukunst schiffbarer Kanäle. Göttingen 1802.
28. — Schiffbarmachung der Flüsse. Hamburg 1826.
29. H. L. Behrens, Topographie des Stecknitzkanals. Hamburg 1818.
30. — Topographie von Holstein. 4. Aufl. Schleswig 1824.

31. Kurt Stahr, Dissertation: Die Hansa und Holland bis zum Utrechter Frieden 1474. Marburg 1907.
32. Hackmann, De jure aggerum.
33. J. Winckelmann, Not. Hist. Pol. vet. Saxo-Westphal.
34. — Hansisches, Lübeckisches Urkundenbuch, Hansarecesse 1256/1430, Hans. Geschichtsquellen.
35. P. Rheder, Die Gewässer im ganzen Umfange des Niederschlagsgebiets der Trave unter besonderer Berücksichtigung der schiffahrtlichen Verhältnisse.

D. Italien.

36. Leo Baptista Alberti, De re aedificatoria, libri X. Florent 1485 (1541).
37. Max Theuer, Dasselbe. Ins Deutsche übersetzt. Leipzig 1912.
38. James Leoni, Dasselbe. Ins Englische übersetzt. London 1755.
39. Vittorio Zonca, Novo Teatro di machine et Edificii. Padoua 1607 (1656).
40. Gabriele Bertazzollo, Discorso sopra il nuovo sostegna presso la chiusa di Governolo. Mantoua 1609.
41. Josephum Furttentbach, Neues Itinearium Italiae. Ulm 1627.
42. Matthei Merian, Topographia Italiae. Frankfurt 1688.
43. — Theatrum Europeum. Frankfurt 1700.
44. Bernadino Zendrini, Leggi e fonomeni, regolazione ed usi delle acque correnti. Capitolo duodecimo. Ravenna 1731.
45. Fumagalli, Antichità Longobardino. Diss. XII. Milanesi 1742.
46. P. D. Paolo Frisi Bernanita, Del Modo di Regolare i Fiume e i Torrenti. 4. Kap. De'i Canali navigabili. Milano 1770.
47. Abate Antonio Lecchi, Trattato de Canali navigibili. Milano 1776.
48. Simone Strattico, Deela inclinazione deele sponde negli Alvei de' fiumi. Bologna 1811.
49. Guiseppe Brusschetti, Historia dei progretti e delle opere per la navigazione interna del Milanesi. Milano 1821.
50. Hugo, Grafen von Gallenberg, Leonardo da Vinci. Leipzig 1834.
51. Leonardo da Vinci, Il codice Atlanticus — della Biblioteca Ambrosiana de Milano, reprod. e publ. della Regia Accad. de' Zincei. Milano 1894/1903.

II. Vom Verfasser durchgearbeitete Literatur, die wesentliche Angaben über Schleusen nicht enthält und zur Erleichterung späteren historischen Arbeitens angegeben wird.

1. Cornelius Aurelius, Batavia . . . insulae descriptione. 1586.
2. J. F. Cortgeen van der Goude, Stychtsche cleyne chronicke van Utrecht. Utrecht 1605.
3. P. Winsemius, Chronique van Vriesland. 1622.
4. — Keuren ende Ordonnantien van't Heemraedschap van Schijnland, ende den Gevolge van dien. Rotterdam 1623.
5. S. van Leeuwen, Costumen, Handveste ende Privilegien. 1667.
6. — Handvesten, Privilegien, Keuren ende Reglementen . . . van den Ablasser-Waard. Dordrecht 1678, 1685.
7. Simon van Leeuwen, Batavia illustrata. 1685.
8. — Ausführliche und gründliche Beschreibung des ganzen Elbstromes. Nürnberg 1687.
9. Lotharius à Vogeso Monte, Dissertation de Utilitate, possibilitate et modo conjunctionis Danubii per canalem navigabilem. Wien 1700.
10. Simon Eikelenberg, Gedaante en Gesteldheid van Westfriesland voor 1300. Alkmaar 1714.
11. L. C. Sturm, Vollständige Mühlenbaukunst und architektonische Reisebeschreibungen. 1715.
12. Jacob van Wyk, Beknopte Beschrijving van de noodlydende Landstrecken in Zuidholland (mit Zeittafel der Einbrüche). Gorcum 1741.
13. — Allgem. hydrogr. Lexikon. Frankfurt 1743.
14. A. Val, Dissertation sur la manière d'approfondir les fleuves à fin de leurs emboucheures. Présenté aux Etats Generaux à la Haye. Haye 1755.

15. Joh. Baptist Eberenz, Algebra. 1758.
16. Lukas Voch, Bürgerliche Baukunst. Anleitung zum Wasserbau an Flüssen und Strömen. Augsburg 1767.
17. Karsten, Lehrbegriff der gesamten Mathematik. Greifswald 1767.
18. (J. le Francq) Berkhey, Natuurlijke historie van Holland. Amsterdam 1768/79.
19. Johann Fr. Stiebitz, Beschreibung des Saalkreises. Halle 1772.
20. Nikolaus Beckmann, Grundriß zur Kenntnis und Verbesserung der Flüsse und Ströme. Aus dem Holländischen. Göttingen 1775.
21. Cornelius Redelijkheid's neu erfundene Schleuse und neue Art, die Schleusentore zu öffnen. Aus dem Holländischen. Wien 1777.
22. De la Lande, Des Canaux de Navigation et specialement du Canal de Languedoc. Paris 1778.
23. Joh. Georg Büsch, Bemerkungen auf einer Reise durch Niederlande und Holland. Hamburg 1786.
24. G. C. B. Busch, Handbuch der Erfindungen. Eisenach 1790.
25. Chr. Brünings, Abhandlung über die Geschwindigkeit des Wassers. 1798.
26. Wiebeking, Krönke, Über allgemeine Systeme. Halle 1799.
27. de Prony, Notice sur la nouvelle écluse de M. de Bétancourt. Paris 1804.
28. A. Fumagalli, Codice Diplomatico Sant-Ambrosiano; publ. par Carl Amoretti. Milano 1805.
29. Hennig, Die Statuten des deutschen Ordens. Königsberg 1806.
30. Franz Ernst Funk, Beyträge zur allgemeinen Wasserbaukunst. Lemgo 1808/09.
31. Wiebeking, Theoretisch praktische Wasserbaukunst. 1811.
32. Reinhold und Ottmanns, Der deutsche Handelskanal. Bremen 1817.
33. C. F. de Lange van Wyngaerden, De Goudsche glazen. s'Gravenhage 1819.
34. Carl Batsch, Hydrotechnische Wanderungen. Weimar 1824.
35. Voigt, Geschichte Preußens bis zum Untergang der Herrschaft des Ordens. Königsberg 1827'39.
36. P. V. C. Egen, Untersuchungen über . . . Wasserwerke. Berlin 1831.
37. Carl Arnd, Die Gewässer der Binnenlande und ihr Wasserbau. Hanau 1831.
38. — Sull invenzione de'sostegni a conca (Biblioteca Italiana, Tome 68). Mailand 1832.
39. H. J. van der Wyck, Over de nederlandschen rivieren. 1832.
40. Georg Dittler, Hydrotechnische Bemerkungen einer Reise. Karlsruhe 1835.
41. Höhlbaum, Kunze . . . , Hanseatisches Urkundenbuch. Halle seit 1846.
42. H. Hübbe, Reisebemerkungen hydrotechnischen Inhalts. Hamburg 1847.
43. Dr. Crelle, Dr. Reinhold, Auswahl von Abhandlungen berühmter niederländischer Wasserbauer. Berlin 1848.
44. Theod. J. Lacombe, Urkundenbuch für die Geschichte des Niederrheins. Düsseldorf 1848.
45. Kurd von Schlözer, Die Hansa und der deutsche Ritterorden in den Ostseeländern. Berlin 1851.
46. Wilcke, Die Geschichte des Ordens der Tempelherren. Halle 1860.
47. Guiseppe Brusschetti, Raccolta delle Opere Idraulique e tecnologique. Torino 1864.
48. — Oorkondenboek van Holland en Zeeland (van de koninklijke Akademie van Wetenschappen). Amsterdam 1866.
49. A. Wauters, Table chronique des chartes et diplômes imprimés concernant l'histoire de la Belgique. Bruxelles 1866.
50. L. Ph. C. van den Bergh, Oorkondenboek van Holland en Zeeland (715—1299). Amsterdam 1866/73.
51. Eckerdt, Geschichte des Kreises Marienburg. 1868.
52. J. J. de Geer van Oudegein, Archieven der ridderlijke Duitsche orde. Utrecht 1872.
53. Ottocar Lorenz, Deutschlands Geschichtsquellen im Mittelalter. Berlin 1877.
54. Fr. Rzihá, Der Einfluß der Naturwissenschaften. Wien 1878.
55. Konrad Wutke, Die schlesische Oderschiffahrt vor 1740. (Breslauer Ztg. Nr. 826'35.) 1881.
56. S. Muller, Catalogues van het archief der stad Utrecht (1122—1813). Utrecht 1884/93.
57. K. Kunze, Hanseakten aus England (1275—1412). Halle 1891.
58. — Het oudste Cartularium van het sticht Utrecht. 1892.

59. Steinbrecht, Baukunst des deutschen Ritterordens in Preußen. Halle 1895.
 60. S. Muller, Bijdragen voor een oorkondenboek van het sticht Utrecht (1021—1528). Utrecht 1896.
 61. G. Schulte, Geschichte des mittelalterlichen Handels und Verkehrs zwischen Westdeutschland und Italien. Leipzig 1900.
 62. Fr. Bruhns, Die Lübecker Bergenfahrer und ihre Chronik. Berlin 1900.
 63. G. Adler, Über die Epochen der deutschen Handwerkerpolitik. Jena 1903.
 64. W. Wattenbach, Deutschlands Geschichtsquellen bis zur Mitte des 13. Jahrhunderts. Stuttgart 1904.
 65. G. Sello, Oldenburgs Schifffahrt in alter und neuerer Zeit. Leipzig 1906.
 66. Dr. E. Gerland, Leibnizens nachgelassene Schriften phys., mech. u. techn. Inhalts. 1906.
 67. F. W. Stahl, Das deutsche Handwerk in seiner kulturg. Entwicklung. Leipzig 1908.
 68. W. Tietze, Oderschifffahrt. Leipzig 1908.
 69. P. Rheder, Baul. u. Wirtschaftl. der lübeck. Schifffahrtstraßen. (Z. d. Ver. f. Lüb. Gesch.) 1909.
 70. J. J. A. A. Jantzen, Utrechtsche bijdragen. Oosthoek 1910.
 71. Harry Breslau, Handbuch der Urkundenlehre für Italien und Deutschland. Leipzig 1912.
 72. Voigt, Geschichte des deutschen Ritterordens in Deutschland.
 73. Hennes, Urkundenbuch des deutschen Ritterordens.
 74. C. F. Lange van Wyngaerden, Geschiedeniss . . . van Goude.
 75. — Geschichte der Physik in den ältesten Zeiten bis ins 18. Jahrhundert.
 76. Sattler, Handelsrechnungen des deutschen Ordens.
 77. Hertzberg, Die historische Bedeutung des Saaletales.
 78. A. Kießelbach, Schleswig als Vermittlerin des Handels zwischen Nord- und Ostsee vom 9.—13. Jahrhundert.
 79. Louis de Froidour, Lettre à M. Barillon Daumoncourt (canal de Languedoc).
 80. Leonardo da Vinci, Etudes et dessins sur les canaux.

III. Vom Verfasser durchgearbeitete Literatur technischen Inhaltes, den die Abhandlung nicht verwertete.

1. Henricum Zeisingk, Theatrum machinarum. Leipzig 1612/14.
 2. Jean François, La science des eaux, II. Partie. Paris 1655.
 3. Böckler, Theatrum machinarum. Nürnberg 1661.
 4. Leupold, Theatrum mach. hydrotechnicarum. Leipzig 1724.
 5. Gautier, Traité des Ponts. Paris 1728.
 6. Jan Schenk und Telemann, Theatrum mach. universale, das sog. „große Schleusenbuch“, herausgeg. von van der Horst. Amsterdam 1736/37.
 7. Hunrichs, Deich-, Siel- und Schleusenbau. Bremen 1770.
 8. Silberschlag, Hydrotechn. der Wasserbauer. Leipzig 1772.
 9. Bernard, Nouveaux principes d'hydraulique. Paris 1787.
 10. Reinhold Woltmann, Beyträge zur hydraulischen Architektur. Göttingen 1791/92.
 11. Gabriel, Abhandlung über die beste Art Schleusen anzulegen. Paris 1792.
 12. John Philipps, A general history of Inland Navigation. London 1792.
 13. Chapman, Observations on the various systems of Canal Navigation. London 1797.
 14. Fabre, Essai sur la théorie des torrents et des rivières. Paris 1797.
 15. Joh. Georg Büsch, Praktische Darstellung der Bauwissenschaft. Hamburg 1800.
 16. Gilly, Grundriß der Vorlesungen über Wasserbaukunst. Berlin 1801.
 17. Büsch, Übersicht der Wasserbaukunst. Hamburg 1802.
 18. Stahl, Wasserstraßen. 1806.
 19. Girard, Précis historique sur la navigation intérieure. Paris 1808.
 20. Dietlein, Perronets Werke. Halle 1820.
 21. Girault, Mémoires sur les écluses. Paris 1825.
 22. Petermann, Schleusenbau. 1825.
 23. Gudme, Wasserbaukunst. Berlin 1827.
 24. Minard, Navigation des Rivières et des Canaux. Paris 1841.
 25. — Cours de Navigation — mit Atlas. Paris 1844.

26. Amelung, Abhandlung über Wasserbau. 1845.
27. Lehmann-Felskowski, Deutschlands Häfen und Wasserstraßen. Berlin 1851.
28. Pechmann, Der Ludwigskanal. Nürnberg 1854.
29. M. Becker, Der Wasserbau in seinem ganzen Umfange (H. d. I.). 1861.
30. Storm-Buijsing, Waterbouwkunde. Breda 1864.
31. Chilolich-Löwensberg, Anleitung zum Wasserbau. 1866.
32. Garbe, Der Bromberger Kanal. Nürnberg 1874.
33. Mosler, Die Wasserstraßen in Amerika. Berlin 1877.
34. Bellingrath, Bau und Betrieb eines Kanalnetzes. 1879.
35. Emile Braun, Notices sur le canal de Ternenzen. Gand 1885.
36. Weber v. Ebenhof, Bau, Betrieb und Verwaltung der natürlichen und künstlichen Wasserstraßen. Wien 1895.
37. Beck, Historische Notizen (Zivilingenieur). 1896.
38. Curt Merckel, Ingenieurtechnik im Altertum. Berlin 1899.
39. A. Struckel, Der Wasserbau. 1904.
40. F. W. Otto Schulze, Seehafenbau. Berlin 1910/13.
41. Oscar Teubert, Binnenschifffahrt. Berlin 1912.

Außerdem die verschiedenen Auflagen des H. d. I. und der einschlägigen Werke von Eytelwein, Franzius, Gilly, Hagen, Möller, Tolkmitt und Voisin-Beij, sowie die bekannteren deutschen, französischen und englischen technischen Zeitschriften, und endlich die Verhandlungen und Ergebnisse der internationalen Schifffahrtskongresse.

Lebensdaten.

Name: Richard, Christian, Wilhelm Wreden.

Geburt: 1. April 1890 zu Geestemünde (Hannover).

Glaube: Evangelisch-lutherisch.

Schulbildung: Gymnasium Geestemünde, Realschule Bremerhaven — Schlußprüfung 1905, Oberrealschule I Hannover — Reifeprüfung 1908.

Studium: Technische Hochschule Hannover, Abt. Bauingenieurwesen — Diplomprüfung 4. 12. 1912.

Staatsdienst: Regierungsbauführer des Wasser- und Straßenbauafachs 1912—1918. Regierungsbaumeisterprüfung 25. Mai 1918. Landesbaumeister der Provinz Hannover 1. April 1919.

Im Felde: August 1914 bis Dezember 1918.

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Februar 1915.
