Zeitschrift: Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 21 (1929)

Heft: 2

Artikel: Versuche über die Entbehrlichkeit des Feinrechens bei Niederdruckwasserkraftanlagen

Autor: Ludin

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-920505

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

die Punkte der 16 Beispiele um eine einzige Gerade, deren Gleichung lautet:

$$G = C + \operatorname{tg} \alpha \cdot L^{4/3} \cdot H^{3/2}$$

Der Abschnitt C auf der Ordinatenaxe stellt nun das angenommene Konstruktionsminimum dar, das ganz ohne Rücksicht auf die Größe der Schütze vorhanden sein muß. Gemäß der probeweisen Untersuchung wird C = 4 Tonnen. Die Neigung α ergibt sich unter Berücksichtigung des verzerrten Maßstabes zu 0,0875. Somit lautet die Formel:

$$\underline{\underline{G = 4 + 0{,}0875\ L^{4/3}\ H^{3/2}}}$$

L und H in m, G in Tonnen.

Die Beispiele sind mit dieser Formel nachgerechnet (Tabelle). Die größte Abweichung vom effektiven beziehungsweise geänderten Gewicht tritt bei Chancy-Pougny und bei Projekt „A" ein, und zwar ist dort das effektive Gewicht um 20 bis 25 % geringer als es sich nach der Formel ergeben würde. Diese Abweichung dürfte wohl als Maximum gelten. Kleinere Abweichungen sind bei den verschiedenen Konstruktionen stets zu erwarten. Der Zweck der Formel, bei generellen Projekten und Kostenanschlägen ganzer Wehranlagen eine einigermaßen wahrscheinliche Gewichtsangabe zu erhalten, dürfte mit der gefundenen Form erreicht sein.

Beispiele von Wehrschützen

No.	Wehrschütze	L	H	$L^{4/3}$	$H^{3/2}$	$L^{4/3} H^{3/2}$	Gewicht in T effektiv	Gewicht in T geändert	Gewicht in T berechn.	Quelle
1	Chancy-Pougny . .	12.0	11.25	27.45	37.7	1027	75		94	Génie civil 5. Juli 1924
2	Olten-Gösgen . . .	15.6	6.10	38.62	15.0	579	78	65 [4])	55	Schweiz. Bauzeitung 1920/I
3	Olten-Gösgen . . .	15.6	6.60	38.62	16.9	653	87	74 [4])	61	
4	Augst	17.5	9.00	45.00	27.0	1215	93	100 [3])	110	Schweiz. Bauzeitung 1913 Sonderdruck
5	Augst	17.5	9.00	45.00	27.0	1215	84			
6	Isar	17.0	5.65	43.30	13.4	580	60		55	
7	Simme	7.0	7.0	13.30	18.5	246	21.5		26	Ludin II S. 874
8	Chèvres	10.0	8.5	21.53	24.8	533	50	55 [3])	51	„ „
9	Laufenburg	17.3	15.0	44.32	58.1	2575	296	230 [2])	229	„ „
10	Laufenburg	17.3	12.5	44.32	44.2	1959	261	200 [2])	176	„ „
11	Kitschkas (Dnjepr) .	24.0	9.0	69.20	27.0	1869	160		167	Die Wasserkraft 1926 No. 11 S. 122
12	Eberbach (Itter) . .	10.0	3.25	21.53	5.86	126	18		15	Die Wasserkraft 1927 No. 14 S. 195
13	Albula	8.0	9.0	15.89	27.0	429	43.2	45 [5])	42	Ing.-Kalender 1927 S. 333
13a	Albula	15.0	5.0	36.66	11.2	410	32.5		40	
14	Kachlet	25.0	11.8	72.32	40.5	2929		260 [1])	260	Der Bauingenieur 1925 S. 726
15	Partenstein	8.0	9.2	15.89	27.7	440	57	47 [4])	42	Die Wasserwirtschaft, Wien 1926, S. 457
16	Projekt „A"	12.0	10.50	27.45	34.0	933	64		85	

[1]) Untere Schütze 8.8 × 25 = 220 m² = 198 t = 900 kg/m². Ganze Schütze 295 m² · 880 kg = 260 t (Obere Schütze leichter).
[2]) Schwere Konstr., erste in dieser Grösse. Siehe Bauing. 1925 S. 725.
[3]) Zuschlag weil einfache Schütze.
[4]) Reduktion, weil im effekt. Gewicht auch die Nischen- und Schwellenarmaturen und die Aufhängungen inbegriffen sind (120—140 kg/m²).
[5]) O. K. Schütze 5 m unter O. W. Sp., Wasserdruck max. 14.0 m, daher reduziert.

Versuche über die Entbehrlichkeit des Feinrechens bei Niederdruckwasserkraftanlagen.

Von Prof. Dr. Ludin, Charlottenburg.

(Elektrotechnische Zeitschrift 1929, Heft 2.)

Die nachfolgenden Ausführungen berichten über die Versuche, die im Ausland und in der Schweiz angestellt wurden, um die Unschädlichkeit der Niederdruckturbinen für die Fische und damit die Entbehrlichkeit der Feinrechen darzulegen. Nach dem Bundesgesetz betreffend die Fischerei vom 21. Dezember 1888 sind die Besitzer von Wasserwerken verpflichtet, Vorrichtungen zu erstellen, um zu verhindern, daß die Fische in die Triebwerke geraten. Genauere Bestimmungen, speziell über die Stabdistanzen der Rechen, sind in den einzelnen Konzessionen enthalten. Es besteht also bei uns die Möglichkeit, ohne weiteres von der bisherigen Praxis abzugehen, wenn die neuesten, noch nicht abgeschlossenen Versuche, die Entbehrlichkeit der Feinrechen ergeben sollten.

Die Redaktion.

Im Interesse des Fischereischutzes ist in den meisten Ländern die Anordnung von Feinrechen vor den Turbineneinläufen vorgeschrieben und dabei die höchstzulässige Spaltweite meist nur zu 20—25 mm festgesetzt. Die Einhaltung dieser Vorschrift wurde, namentlich bei der neuzeitlichen

Entwicklung zu immer größeren Einheiten, in vielfacher Richtung als sehr nachteilig empfunden; es ergaben sich Fallhöhenverluste, schnelle Verlegung des Rechens durch Schwemmsel, Schlamm- und Nadeleis, erschwerte Reinigung, hohe Anlage- und Unterhaltungskosten. In manchen nördlichen Ländern gestatten zwar die Fischereischutzvorschriften das Herausnehmen der Feinrechen im Winter, wo keine Fischwanderungen stattfinden, aber die Erschwernisse im Sommer blieben bestehen und der Betrieb wurde mit weiteren Kosten belastet. Mit dem Aufkommen neuer Laufradformen der Niederdruckwerke mit mehr oder minder großem „schaufelfreiem Raum" zwischen Leit- und Laufrad setzte bald eine Bewegung auf Ersatz der alten engen Feinrechen durch gröbere ein (die bei einigen neuesten deutschen Groß-Niederdruckanlagen zu Spaltweiten von 50—70 mm geführt hat).

Aber wenn von den berufenen Schützern der Fischereirechte auch die Wahrscheinlichkeit zugegeben wurde, daß selbst große Fische (Lachse) durch die weiten und fast turbulenzfreien Kanäle der großen relativ langsamlaufenden Kaplanturbinen usw. ohne äußere Verletzung gehen mögen, so blieb noch eine große Unsicherheit über die Einwirkung des schnellen Druckwechsels beim Uebergang von der Vorderseite des Laufrades in den Saugrohrhals. Eine Prüfung dieser Frage erschien daher schon längst angezeigt. Der Deutsche Wasserkraft- und Wasserwirtschaftsverband e. V. hat auch schon vor längerer Zeit Arbeiten in dieser Richtung angeregt und unterstützt, ohne bisher zu einem abschließenden Ergebnis gelangt zu sein. Um so willkommener muß daher eine aus Schweden kommende Mitteilung sein[1]), die eingehend über groß angelegte Versuche der immer fortschrittlichen Staatlichen Wasserkraftverwaltung am Kraftwerk Lilla Edet[2]) berichtet.

Bekanntlich sind hier die zurzeit größten Turbinen der Welt, 1 Kaplanturbine d = 5,8 m und 2 Lavaczekturbinen d = 6,0 m im Betrieb (H = 6,5 m); die Rechen bestehen aus aufziehbaren Grobrechentafeln (Spaltweite 230 mm) mit Einrichtung zum Einhängen langer schmaler Feinrechentafeln, die bisher schon bei Eistreiben nach dem schwedischen Fischereigesetz entfernt werden durften, Abb. 1.

Die Versuche wurden auf zwei Arten angestellt: zunächst setzte man 70—80 größere Fische unmittelbar vor dem Grobrechen ein, nachdem vorher hinter die 14 m breite und 7 m tiefe Saugrohrmündung ein Fangnetz in der aus Abb. 2 ersichtlichen Weise gesetzt war. Wegen des starken

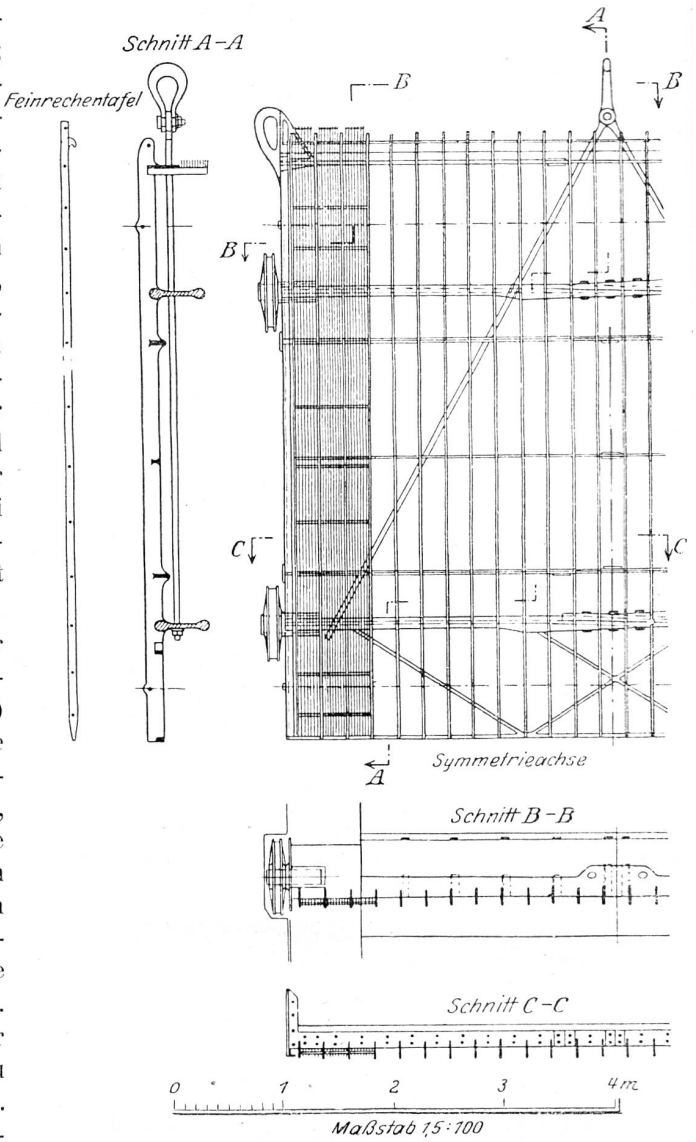

Abb. 1. **Grobrechen mit einhängbaren Feinrechentafeln (Kraftwerk Lilla Edet).**

Strömungsdruckes war es nicht möglich, das Netz bis ganz auf die Auslaufschwelle herab zu senken, daher wurden nur 50 der eingesetzten Fische nach ihrem Durchgang durch die Turbinen wieder gefangen. Alle waren völlig unverletzt bis auf zwei, die in der Mitte abgeschlagen waren, jedoch der eine anscheinend erst an einem Draht der Netzbefestigung und nicht in der Turbine. Innere Verletzungen der lebend passierten Fische konnten bei der stichprobenweise vorgenommenen Obduktion nicht festgestellt werden.

Außer diesem direkten Versuch stellte man noch eine Reihe laboratoriumsmäßiger Versuche mittels der in Abb. 3 dargestellten Einrichtung an, um die Einwirkung der schnellen Druckänderung für sich zu studieren. Einzelne Fische jeder Art wurden zu dem Zweck in die mit Taucherglasfenstern versehene Druckkammer gebracht und dann wiederholt durch Umstellen der Hähne zum Druck-

[1]) Svenska Vattenkraftförenings Publikationer 1928, Nr. 5.
[2]) ETZ 1925, S. 463; 1926, S. 1053.

und Saugrohr schnellen Druckänderungen entsprechend den wirklichen ausgesetzt. Die Versuchsfische wurden naturgemäß unruhig, erlitten aber, wie die Obduktion zeigte keinen inneren Schaden. Die Versuche wurden an einer der Lavaczekturbinen ausgeführt, die mechanisch und hydraulisch weniger günstige Bedingungen für das gefahrlose Passieren der Fische bietet als die Kaplanturbine.

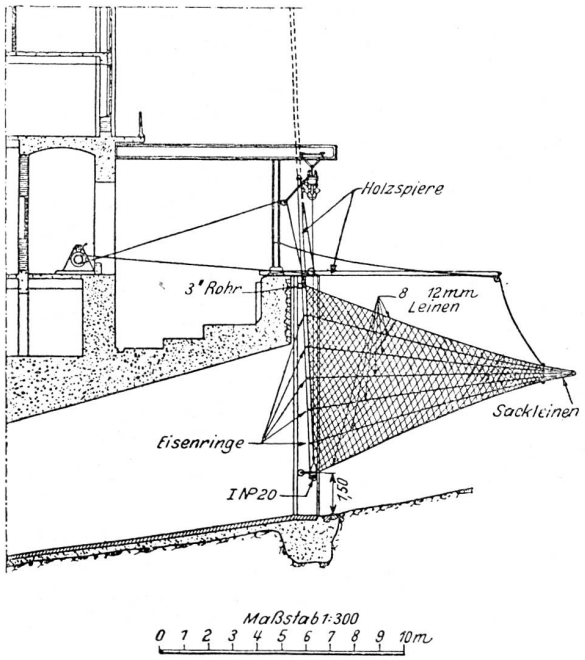

Abb. 2. **Fischnetz am Saugrohrausgang.**

Neben diesen sehr beachtenswerten Versuchsergebnissen wurde in dem in der Quelle ausführlich mitgeteilten Aktengang namentlich noch die (auch in Deutschland) zu machende Beobachtung gewürdigt, daß vielfach Aale und selbst größere Fische durch den Wasserdruck auf die stark durchströmten Feinrechen so angepreßt werden, daß sie nicht mehr loskommen und entweder von der Rechenharke erfaßt und verletzt werden oder durch Erschöpfung zugrunde gehen.

Auf Grund all dieser Feststellungen hat das Schwedische Landwirtschaftsministerium die dauernde Beseitigung der Feinrechen auch im Sommer genehmigt.

* * *

Aehnliche Versuche sind nach einem aufschlußreichen Bericht des kantonalen Fischereisachverständigen Dr. W. Schmaßmann, Liestal, von der badisch-schweizerischen Kommission für die Fischerei im Oberrhein unter Mithilfe der Kraftübertragungswerke Rheinfelden im Jahre 1927 am Kraftwerk Augst angestellt worden.[3]) Die auf den Fischdurchgang untersuchte 2500 PS-Turbine war eine wagrechte Doppelzwillings- Francisturbine älterer Bauweise von 1,5 m Laufraddurchmesser und mit einem Spalt zwischen Leit- und Laufrad von nur 4 cm. Die Fallhöhe war 6,0 m. In den Ablaufkanälen herrschte bei der vorhandenen Beaufschlagung von 30 m³/sek (1700 PS) nur eine mittlere Geschwindigkeit von 1,15 m/sek. Dieser Umstand und andere Mängel der Versuchsanordnung erklären es, daß nur ein sehr geringer Teil der eingesetzten (durchweg unter 40 cm langen) Fische überhaupt wieder gefangen wurde. Die sehr geringe Prozentzahl der dabei und bei einem ähnlichen Versuch an einer Kleinanlage festgestellten Verletzungen rechtfertigt den Schluß des sehr vorsichtig urteilenden schweizerischen Fischereifachmannes, daß „die Gefahr für Fische von ausgesprochener Fischform (nicht Aale) unter den angegebenen Versuchsbedingungen weit geringer sein dürfte, als sie von fischereilicher Seite vielfach angenommen wird". Dieses Ergebnis, gewonnen an Turbinenanlagen von durchaus älterer Bauart, bildet eine wertvolle Ergänzung der Versuche in Lilla Edet.

* * *

Ueber die Versuche, die in Deutschland angestellt wurden, berichtet Ing. C. Reindl in der Zeitschrift „Wasserkraft und Wasserwirtschaft" Nr. 24/1928 folgendes:

Auch in Deutschland wurden nicht zuletzt auf Veranlassung und unter Mitwirkung des Deutschen Wasserwirtschafts- und Wasserkraftverbandes ein-

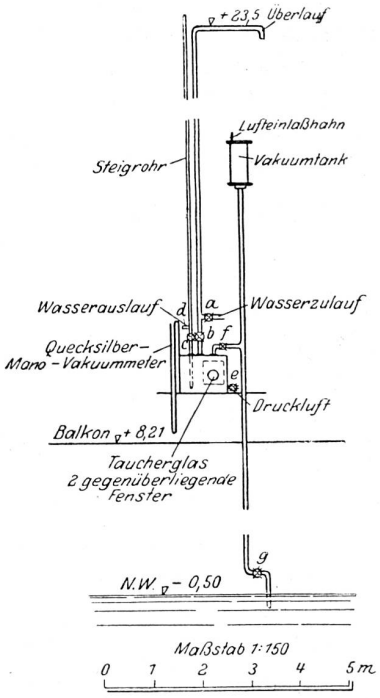

Abb. 3. **Einrichtung zur Feststellung der Wirkung schneller Druckänderung.**

[3]) Vergleiche den ausführlichen Bericht darüber in der «Schweiz. Fischereizeitung», Nr. 11/1928, S. 347 ff.

gehende Versuche über den Durchgang der Fische in die Wege geleitet.[4])

Es liegen bisher bei uns folgende Versuche vor:

	Versuche A Friedland	Versuche B Kassel
Turbinenbauart,	Francisturbinen normaler Spaltweite	Francis-Schnellläufer Sichel-Profil
Gefälle m	10	3,83
Schluckfähigkeit m^3/sec	36	30
Umdr./Min.	250	75
Spaltweite mm	200—300	570
Ergebnis	Zahlreiche verletzte und viel ach vollständig abgeschlagene Fische. Keiner der gefangenen Fische unverletzt.	Fünf Weißfische und zwei Aale eingesetzt, sämtliche unverletzt.

Die Ergebnisse der schwedischen und deutschen Versuche scheinen zunächst kein klares Bild zu geben, sie widersprechen sich. Die Anschauung, daß der Spalt zwischen Leitradaustritt und Laufradeintritt der Gefahrpunkt sei, bedarf aber wohl einer näheren Betrachtung, welche die scheinbare Regellosigkeit der Ergebnisse erklärt und die Aufgabe sogar einer gewissen rechnerischen Vorausbehandlung zugänglich macht.

Der Fisch durchschwimmt die Turbinen im Zuge des absoluten Wasserweges. Infolge seiner Längenausdehnung braucht der Fischkörper eine gewisse Zeit, bis er einen betrachteten Punkt in der Turbine durchschwommen hat, z. B. also die Eintrittsfläche oder Austrittsfläche des Laufrades. Wenn diese Durchschnittszeit, welche durch die absolute Wassergeschwindigkeit und durch die Länge des Fischkörpers eindeutig gegeben ist, länger dauert als die Zeit, in welcher sich das Laufrad um eine Schaufelteilung weiterbewegt, so ist es klar, daß der Rücken der nachfolgenden Schaufelkante den Fisch treffen muß. Dies gilt ebenso für die Eintrittskante wie für die Austrittskante.

Bei Turbinen mit einer kleinen Spaltweite, kleiner als die Länge eines Fisches, ist die Möglichkeit gegeben, daß den Fisch die Laufradeintrittskante und Leitradaustrittskante zugleich erfaßt und ihn abschlägt. Aber auch bei größerem Spalt, größer als die Länge des Fisches, kann nach dem Vorgesagten bei hoher Drehzahl und großer Schaufelzahl, also sehr kurzem zeitlichen Zwischenraum zwischen dem Durchgang der Schaufeln durch die Bahn eines absoluten Wasserweges, der Schaufelrücken einen Fisch treffen. Hierbei wird entsprechend den Geschwindigkeitsverhältnissen in der Turbine (absolute Geschwindigkeit im Laufradeintritt bzw. im Laufradaustritt einerseits und Umfangsgeschwindigkeit anderseits) besonders bei schnellaufenden Turbinen die Austrittskante die gefährlichere Stelle sein. Es folgt aus dieser Betrachtung, daß die abnehmende Schaufelzahl die Gefährdung verringert, daß jedoch das Gefälle keinen einschneidenden Einfluß ausübt, weil beide Faktoren (Wassergeschwindigkeit, das ist Fortschreitungsgeschwindigkeit des Fisches und Umfangsgeschwindigkeit) sich gleichmäßig mit der Wurzel aus dem Gefälle ändern. Dagegen ist die spezifische Schnelligkeit insofern von Einfluß, als die Austrittsgeschwindigkeit aus dem Laufrad sich bei der (insbesondere bei niederen Gefällen angewandten) hohen spezifischen Drehzahl vergrößert, also der Fisch rascher durch die Gefahrzone der Schaufelaustrittskanten hindurchgeht, noch begünstigt durch die geringere Schaufelzahl, welche beide Umstände die Gefährdung herabmindern bzw. die Wahrscheinlichkeit eines Schaufelschlages verringern.

Diesen Ueberlegungen entsprechen die angeführten drei Versuchsergebnisse; sie lassen die Aufgabe auch nach der umgekehrten Richtung hin in Angriff nehmen: durch Nachrechnung verschiedener Möglichkeiten hinsichtlich Gefälle und Turbinengröße auf Grund mittlerer Konstruktionsverhältnisse, woraus sich gewisse „kritische Längen" ergeben, welche Fische noch haben dürften, um mit hoher Wahrscheinlichkeit ungetroffen durchzukommen. Versuche an bestimmten für einzelne Fälle herausgegriffene Turbinen müßten dann den Beweis erbringen.

Daß neuzeitliche Niedergefälleturbinen mit geringen Schaufelzahlen ungefährlich sind, wenn sie einigermaßen größere Abmessungen besitzen, und daß darunter die vierflügeligen bis achtflügeligen Kaplanturbinen und Propellerturbinen für die Fische am harmlosesten sind, ergeben diese Ueberlegungen ebenfalls.

[4]) Referat von Dr. Lowartz, Kassel, über Schutzvorrichtungen für Fische bei Turbinenanlagen auf der V. Oberfischmeistertagung 1927: Dr. I. Lundbeck, Königsberg i. Pr.: Fische und Turbinen, «Fischereizeitung», Nr. 10 vom 4. III. 1928.

Der schweizerische Wasserumschlag in den Basler Rheinhafen 1928.

Die unter sehr erschwerten Umständen vor sich gegangene Schiffahrt nach und von Basel hat im Laufe des Jahres 1928 auf mancherlei interessante Tatsachen aufmerksam gemacht. Vor allem hat es sich gezeigt, daß Basel seine Hafenanlagen nicht zu früh erstellt hat, wie man da und dort mit leisem Vorwurf hat vernehmen können, sondern vielleicht eher zu spät. Der Zustand der Fahrrinne des Rheines, namentlich in der untern Strecke von Breisach bis Straßburg, hat sich in den letzten Jahren viel rascher verschlechtert als dies in den Vorkriegsjahren der Fall war. Auf welche Ursachen diese Erscheinung zurückzuführen ist, bedarf noch einer genauen fachmännischen Prüfung, damit festgestellt werde, ob die vermehrte Aufschüttung in der untern Rheinstrecke als eine sich nach und nach einstellende Folge der Tullaschen Rheinregulierung ergeben hat, oder ob sie auf andere Ursachen, wie die andauernden hohen Wasserstände der Jahre 1922, 1924 und 1926 in Abwechslung mit den immer tiefer gehenden winterlichen Niederwasserständen, zurückzuführen ist. Ferner hat der Basler Hafenumschlag im Jahre 1928 trotz der