Versuche über den Spannungszustand genieteter Stäbe

Autor(en): **Höhn, E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **87/88 (1926)**

Heft 6

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-40935

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Versuche über den Spannungszustand genieteter Stäbe.

Von E. HÖHN, Ober-Ingenieur des Schweizerischen Vereins von Dampfkesselbesitzern, Zürich.

Wie ein prismatischer Stab sich in gespanntem Zustand verhält, ist bekannt; von einem genieteten Stab, welcher Art die Vernietung auch sein möge, war dies bisher nicht der Fall.[1]) Im Jahr 1925 hat der Verfasser hierüber Versuche veranstaltet; die Kosten trug der Schweizerische Verein von Dampfkesselbesitzern, die Probestäbe wurden durch schweizerische Kesselschmieden kostenlos geliefert. An dieser Stelle sollen bloss wenige der wichtigsten Ergebnisse besprochen werden.[2])

Die Stäbe, um die es sich hier handelt, sind in Abbildung 1 dargestellt, aus der auch die Abmessungen hervorgehen. Die drei Nieten auf jeder Seite der Fuge (ihr Durchmesser ist 1,8 cm) waren nicht verstemmt, die Laschenränder ebenfalls nicht. Zu den Stäben Ia und Ib gehören solche gleicher Beschaffenheit, jedoch mit durchlochten Laschen (Schlitze punktiert) mit den Bezeichnungen IIa und IIb. An diesen Stäben sind Messungen vermittels Dehnungsmessern vorgenommen worden und zwar nicht nur aussen auf den Laschen, sondern auch durch die Schlitze hindurch auf dem Blech.

Die Zahlentafel I gibt weitere Verhältnisse, worunter solche bei einer Zugbelastung von 20 t.

Zahlentafel I. Verhältnisse bei Probestäben I und II.

(Belastung 20 t)	F, cm²	σ, kg/cm²	ε theor.
Stab im Vollen . . .	14,0	1429	0,000664 = ε_B theor.
Stab durch Nietloch . .	11,9	1676	0,000780
Laschen im Vollen . .	23,2	863	0,000402 = ε_L theor.
Laschen durch Nietloch	19,8	1011	0,000470
3 Nieten, 6 Schnitte . .	15,2	1312	—

Durch die Dehnungsmesser wird die Verlängerung Δl erfasst, die sich auf den Schneidenabstand l (= 2,00 cm) bezieht. Daraus geht die bezogene Dehnung hervor:

$$\varepsilon = \Delta l : l$$

Spannungen und Dehnungen sind nach Hooke proportional

$$\sigma = \varepsilon E$$

wobei $E = 2\,150\,000$.

Innere relative Verschiebungen und Bezugsebene.

Die Ergebnisse mit den Stäben I und II (II mit Schlitzen) lassen sich aus Abbildung 2 erkennen. Die Ordinaten geben Dehnungen und Spannungen an, die Abszissen beziehen sich auf die Stellen am Stab. Gemessen wurde in den Längsebenen MM und NN, die letzte halbiert die Strecke zwischen MM und Stabrand. Daher die Indices MM und NN bei den Bezeichnungen. B bezieht sich auf das Blech, L auf die Laschen. Im übrigen sind B_{MM}, L_{MM} usw. Abkürzungen für ε_{BMM} und ε_{LMM}.

Die Dehnungen B für das Blech haben fallenden Charakter und sinken in der Fuge auf den Wert 0. Die Dehnungen L für die Laschen steigen bis zu einem Höchstwert über der Fuge. Dies leuchtet vollkommen ein, gehen doch bei jeder Niete Spannungen vom Blech an die Laschen über. Der Uebergang scheint allmählich zu erfolgen, nicht sprungweise, weil offenbar nicht nur in den Nietschäften allein Spannungen übergehen, sondern auch in den Berührungsstellen in nächster Nähe von Nieten.

Besondere Beachtung gebührt den Schnittpunkten der Dehnungskurven, den Punkten, in denen $\varepsilon_B = \varepsilon_L$ (Punkt $B_{MM} = L_{MM}$ liegt senkrecht unter Punkt $B_{NN} = L_{NN}$). Sind die Dehnungen an diesen Stellen von gleicher Grösse für Blech und Laschen, so finden hier relative Verschiebungen nicht statt. Wir legen die Ebene PP durch diese Stellen (links der Fuge P_lP_l, rechts P_rP_r). Links von P_lP_l steigen die Kurven mit Zeiger B, fallen die Kurven mit Zeiger L, rechts umgekehrt. Links und rechts von jeder Ebene PP sind also die Dehnungen des Blechs und der Laschen voneinander verschieden, also müssen relative Verschiebungen stattfinden; am grössten sind diese an den Stellen des grössten Abstandes von PP. Diese aus dem Hooke'schen Gesetz heraus erfolgenden Verschiebungen nennen wir *innere relative Verschiebungen*, die Ebene PP die *Bezugsebene;* die innern relativen Verschiebungen nehmen nämlich hinsichtlich ihrer Grösse auf diese Ebene Bezug.

Während bei einem gewöhnlichen prismatischen Stab ε über die ganze Länge konstant ist und die Verlängerung Δl einer Messstrecke l aus ε und, wegen $\varepsilon = \sigma : E$, aus der Belastung Q gerechnet werden kann, sind die ε_L und ε_B für genietete Stäbe und Laschen nicht mehr konstant; die Kurven steigen und fallen; es ist aber leicht möglich, aus den ε-Kurven die mittlern ε-Werte (ε_{Bm} und ε_{Lm}) festzustellen. Hieraus kann die Verschiebung eines beliebigen Punktes der Laschen gegen das Blech bestimmt werden, wobei als Messtrecke der Abstand l von der Bezugsebene zu berücksichtigen ist zum Einsetzen in die Gleichung $\Delta l = \varepsilon_m l$. Da sich die relative Verschiebung als eine Differenz der Längenänderungen darstellt, erhält man für einen beliebigen Punkt, z. B. für den Laschenrand, oder für Niete 1

$$\Delta l_B - \Delta l_L = l\ (\varepsilon_{Bm} - \varepsilon_{Lm}).$$

Daraus lässt sich erkennen, dass die Nieten, die am weitesten von der Bezugsebene (l_{max}) abstehen, am meisten auf Abscherung beansprucht werden. Es betrifft dies die Nieten der dem Blechrand benachbarten Reihe 1. Somit nehmen auch die Nieten hinsichtlich ihrer Scherbeanspruchung auf die Lage der Bezugsebene Bezug. Der Klammerausdruck besagt, dass die Verschiebung wächst mit dem Unterschied der Querschnitte des Blechs und der Laschen. ε ist bei gegebener Belastung dem Querschnitt umgekehrt proportional.

Schubbeanspruchung der Nieten.

An einem zweiten Stabpaar Ib und IIb sind, zur Kontrolle, diese Versuche wiederholt worden. Zum Unterschied von a waren hier jedoch die Nieten gestemmt (Laschenränder wie früher ungestemmt). Abbildung 3 lässt erkennen, dass die Ergebnisse sich mit den frühern decken. Es gelang im besondern, die Grösse der in jeder Niete 1 bis 3 bezw. in jedem Nietschnitt hervorgerufenen Schubspannung zu ermitteln.

Die Kurve Q_1 in Abbildung 3 lässt den Verlauf der Dehnungen quer über das Blech erkennen, die mittlere Ordinate muss der Last 20 t entsprechen. Die Kurve Q_4 entspricht der höchsten Spannung in den Laschen oder einer Last von 10 t für eine derselben. Der Verhältniswert der mittlern Ordinate der Kurve Q_4 sei 100 %. Dann sind die Verhältniswerte mit Bezug auf Q_3 85 %, Q_2 77 % (man beachte die Lage am Stab). Niete 3 hat somit $(Q_4 - Q_3) = 15$ %, Niete 2 hat $(Q_3 - Q_2) = 8$ % und Niete 1 den Rest von 77 % der Kraft des Blechs an die Laschen übertragen.

Die Kurven Q_2 bis Q_4 weisen nämlichen Charakter auf; grösste Belastung an den Laschenrändern.

Richtung der auf die Nieten wirkenden Kräfte.

Links der Bezugsebene P_lP_l (Abbildung 2) verlängert sich bei Belastung das Blech mehr als die Laschen, rechts verlängern sich die Laschen mehr als das Blechende. Links wird also das Blech aus den Laschen herausgezogen, rechts schieben sich umgekehrt die Laschen über den Blechrand hinaus. Die links liegenden Nieten 1 und 2 werden also vom Blech angegriffen, die rechts liegende von den Laschen. Die Widerlagerkräfte sind dort so eingezeichnet, dass sie innerhalb der Nietumgrenzung fallen. Sie besitzen entgegengesetzte Richtung bei 3 verglichen mit 1 und 2. Für die Kraftübertragung ist dies indessen ohne Belang, da Kraft und Reaktion vertauscht werden dürfen. Tun wir dies bei 3, so sind alle Kräfte im Blech bezw. in den Laschen gleich gerichtet.

Aeussere relative Verschiebungen.

Mit der Feststellung von Art und Grösse der elastischen Verlängerungen eines genieteten Stabes ist sein Verhalten unter Belastung noch nicht vollständig klargestellt. Stellt doch die frühere Forschung lediglich auf das „Gleiten" nach überwundenem „Gleitwiderstand" ab, ohne Kenntnis der innern Vorgänge.

Unsere Untersuchungen haben ergeben, dass *kleine bleibende Verschiebungen* des Blechs gegen die Laschen schon festgestellt werden konnten, nachdem, ganz roh ausgedrückt, eine Schubspannung von $\tau \backsim 300$ kg/cm² in den Nietschnitten erreicht worden war. Die Höhe dieser Spannung hängt sehr von der Güte der Vernietung ab, in erster Linie davon, ob die Nieten gut eingepasst und sodann verstemmt sind. (Streng genommen kann man blos bei einer einreihigen Nietnaht auf einen bestimmten Wert von τ abstellen, weil bei mehreren Nietreihen, wie wir gesehen haben, jede Niete ver-

[1]) R. Maillart hat in der Schweizer. Bauzeitung vom 28. Juli 1923 bereits auf die Unsicherheit in der Beurteilung von Nietverbindungen hingewiesen. Der damalige Gedankenaustausch hierüber war für den Verfasser eine der Veranlassungen zu den vorliegenden Versuchen über Vernietungen.

[2]) Ausführlicher Bericht in der Druckschrift „Nieten und Schweissen der Dampfkessel"; zu beziehen beim Schweizerischen Verein von Dampfkesselbesitzern, Zürich.

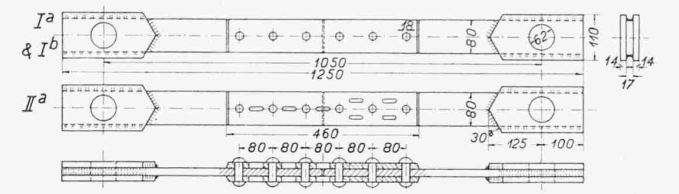

Abb. 1.

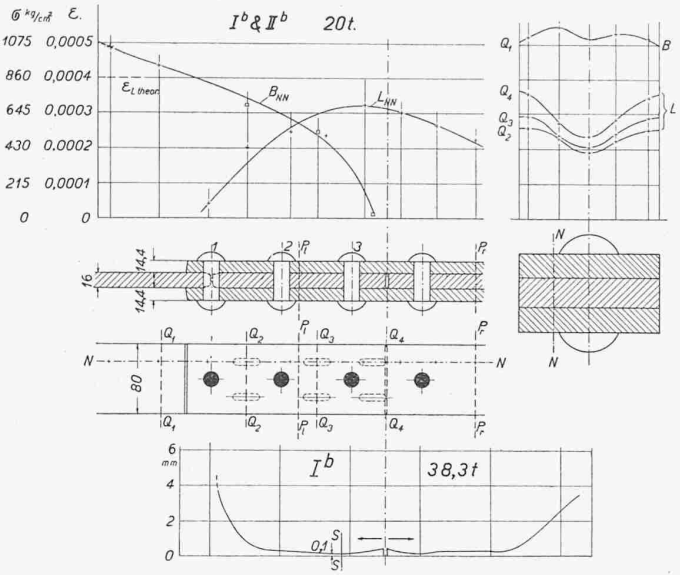

Abb. 3.

VERSUCHE ÜBER DEN SPANNUNGSZUSTAND GENIETETER STÄBE.

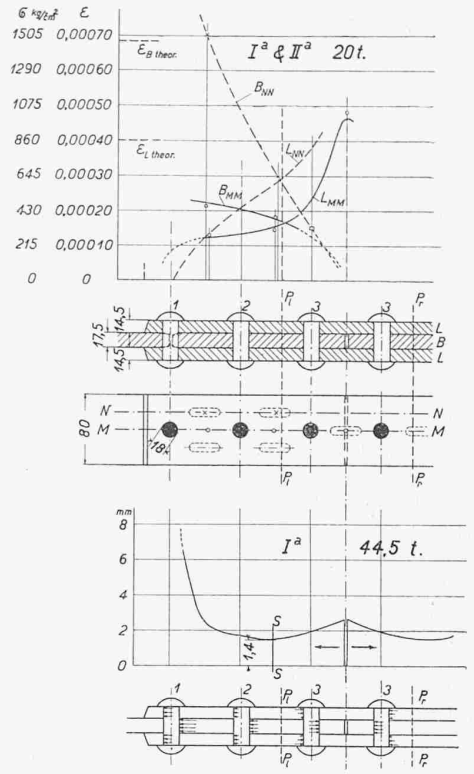

Abb. 2.

schieden stark beansprucht ist.) Wenn auch, bei dieser Spannung, relatives Gleiten der Bleche erstmalig und in geringem Masse eingetreten ist, so ist der Verband einer Nietverbindung noch ziemlich lange nicht aufgehoben; jedenfalls nicht in gefährlicher Weise geändert[1]), und wir haben bei unsern Messungen feststellen können, dass auch nach der ersten schwachen Gleiterscheinung zunächst stets noch erhebliche Zähigkeit gegen Weitergleiten bestand. Der „Gleitwiderstand" äusserte sich noch elastisch bis zum Punkt, in dem der Verband gänzliche Lockerung erfuhr, mit stetigem oder sprungweisem Fortschritt der Zerstörung. Bei Nieten sowie Nietlochwänden war dann bleibende Verformung festzustellen.

Diese zweite Art relativer Verschiebungen hat mit den oben erwähnten, den innern, nichts zu tun. Wenn sich das Blech in einem Punkt gegen die Laschen um die Grösse β verschiebt (β misst beim ersten sichtbaren Auftreten solcher Verschiebungen zunächst nur wenige Tausendstel mm), so muss diese Verschiebung auch an andern Stellen gleich gross sein; β ist somit über die ganze Berührungsfläche konstant. Wir bezeichnen diese relative Verschiebung als *äussere* im Gegensatz zur innern. Wir gelangen zu einer Vorstellung über diese Vorgänge wie folgt:

Innere relative Verschiebungen: Bleche und Laschen aus Kautschuk, Nieten aus Glas. Verschiebungen erfolgen wegen ungleicher Dehnung von Blech und Laschen.

Aeussere relative Verschiebungen: Bleche und Laschen aus Glas, Nieten aus Kautschuk. Verschiebungen erfolgen wegen elastischer und bleibender Verformung der Nieten.

Bleibende äussere und innere Verschiebungen.

Die zweite Stufe der Prüfung der Probestäbe bestand in ihrer Zerstörung durch Zerreissen. Vorangehend, in ungespanntem Zustand, sind Marken an den Stab-Aussenflächen angerissen worden; ihre Verschiebungen nach der Zerstörung sind unten in Abb. 2 und 3 als Ordinaten aufgetragen. Es sind bleibende Verschiebungen im Gegensatz zu den frühern elastischen. Die kleinste relative Verschiebung erfolgt bei *S*, sie erreicht im Fall der Abbildung 2 den Wert 1,4 mm, bei Abbildung 3 nur 0,1 mm. (Der Unterschied rührt vom Verstemmen der Nieten im zweiten Fall her, ist also leicht erklärlich.) Handelt es sich hier um äussere oder innere relative Verschiebung? Um *bleibende äussere*, denn wir müssen annehmen, das ganze Blech habe sich gegen die Laschen um 1,4 mm bezw. 0,1 mm verschoben. Nun legen wir wie früher eine Ebene durch *S* und stellen fest, dass die Kurven der relativen Verschiebung nach rechts und links ansteigen. Es handelt sich hierbei, also beim Unterschied der Ordinaten über 1,4 bezw. 0,1 mm hinaus, um *innere* relative Verschiebungen, und zwar um *bleibende;* haben sich doch das Blech links von *SS*, die Laschen rechts von *SS* bleibend verstreckt. Dass diese Verstreckung nicht konstant ist, ist leicht einzusehen, weil im Blech die Spannungen gegen die Fuge hin ab-, in den Laschen zunehmen.

Im verstreckten Zustand treten somit nämliche Erscheinungen auf wie im elastischen: Innere und äussere relative Verschiebungen. Im Unterschied gegen früher sind es jedoch bleibende. Die Ebene *SS* ist die Bezugsebene für diesen Zustand, sie liegt der Bezugsebene *PP* unmittelbar benachbart.

Folgerungen.

Aus diesen Erkenntnissen heraus wird es uns möglich, die Lebensbedingungen einer Vernietung festzustellen.

a) Sie hängen in erster Linie von der Lage der Bezugsebene ab, und diese ist wiederum bedingt durch die Steilheit der ε_L-Kurve, d. h. der Kurve der Laschen (die ε_B-Kurve für das Blech als gegeben betrachtet). Flache ε_L-Kurven ergeben sich bei dicken Laschen; der Abstand der Bezugsebene von der Blechfuge (Fuge beider Stabhälften) nimmt ab mit der Blechdicke.

b) Die Schubspannungen in den Nieten einzelner Reihen können in ihrer Grösse durch die Wahl des Abstandes von der Bezugsebene geregelt werden (allerdings nur beschränkt).

Leider ist es nun bei einer Vernietung, namentlich einer Dampfkesselvernietung, unmöglich, sich blos an die obigen Richtlinien zu halten und demgemäss zu konstruieren. Hier haben wir die zwei Hauptforderungen:

m) Die Nieten einer Naht sollen auch bei verschiedener Lage möglichst gleichmässig auf Schub beansprucht sein;

n) Das Blech darf in der ersten (äussersten) Nietreihe so wenig als immer möglich geschwächt werden, da hier erfahrungsgemäss die grösste Explosionsgefahr besteht.

Wie wir sehen, widersprechen diese beiden Forderungen m) und n) einander. Soll m) erfüllt werden, so sind in die erste Reihe

[1]) Frühere Forscher erblickten im „Beginn des Gleitens" jenen der Zerstörung. Dabei wurde Beginn des Gleitens erst festgestellt, sobald sprunghaftes Gleiten in die Erscheinung trat. Wir haben nachgewiesen, dass kleine relative Verschiebungen bleibender Art stets vorangegangen sind.

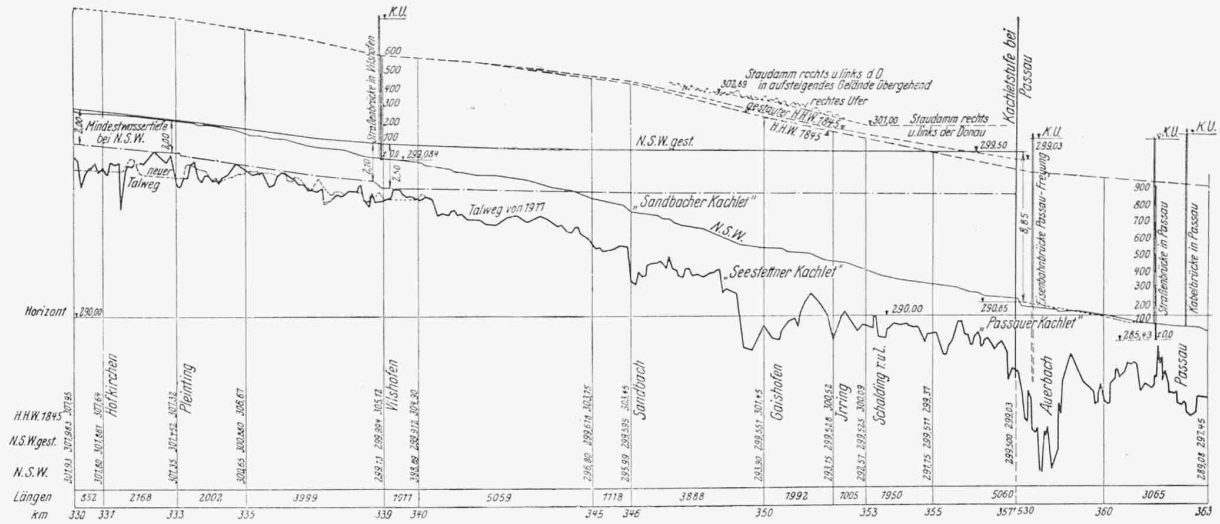

Abb. 1. Längsprofil der Donau von Km. 330 bis Km. 363 mit der gestauten Kachletstufe. — Masstab der Längen 1 : 200000, der Höhen 1 : 400.

am meisten Nietquerschnitte zu verlegen. Zu diesem Schluss gelangen wir wegen der stärksten Beanspruchung der Nieten der ersten Reihe infolge innerer relativer Verschiebungen. Eine grosse Zahl von Nietlöchern in der ersten Reihe ist aber unvereinbar mit der Forderung n), und da wir uns in erster Linie gegen die Gefahr eines Blechbruches sichern und daher n) erfüllen müssen, ist gleichzeitig zuzulassen, dass die Nieten der ersten (äussersten) Reihe einer Vernietung stärker auf Schub beansprucht werden als die der übrigen. Beunruhigend wirkt dies nicht, werden doch die Nieten nicht so rasch im Schaft durchgeschert, wenigstens hat der Verfasser nie davon vernommen. (Abgesprungene Köpfe sind wohl andern Ursachen als Schubspannungen zuzuschreiben.)

Wie wir sehen, ist mit der unter b) angegebenen Möglichkeit zu konstruieren wenig anzufangen. Uebrigens geht schon aus a) hervor: Je dicker die Laschen im Verhältnis zum Blech, desto grösser die Beanspruchung der Nieten der ersten Reihe.

Wenn wir uns gezwungenermassen mit dem Zustand abfinden, dass die Nieten der ersten Reihe stärker beansprucht werden als diejenigen späterer, so muss dies auch in der Berechnung einer Nietnaht zum Ausdruck kommen. Die Formeln, die zur Berechnung einer Nietnaht dienen, müssen daher so eingerichtet sein, dass sich die grösste Schubbelastung der Nieten der ersten Reihe daraus ergibt. Trifft dies nicht zu, so erfasst die Rechnung die Tatsachen nicht und ist daher falsch.

In diesem Sinn sind die bisher gebräuchlichen Formeln zur Berechnung von Nietnähten abänderungsbedürftig (Vorschläge hierüber in der eingangs erwähnten Druckschrift).

Das Donau-Kraftwerk „Kachletstufe" bei Passau.

Die Kachletstufe erhält ihre Bedeutung als letztes Glied im Zuge der Rhein-Main-Donau-Wasserstrasse.[1]) Dieser geplante Schiffahrtsweg geht vom Hafen Aschaffenburg aus mainaufwärts, schneidet mit einem Kanal die Würzburger Schleife ab und verlässt den Main in Bamberg, von wo er als Schiffahrtskanal über Forchheim und Nürnberg seinen Kulminationspunkt im fränkischen Jura erreicht, um von da in Schleusentreppen nach der Altmühl abzufallen und mit dieser oberhalb Regensburg in die Donau zu münden. Als letztes Hindernis in der Donau erweist sich das sogenannte „Donau-Kachlet" oberhalb der Innmündung in Passau, eine Folge von felsigen Klippen und Stromschnellen (Abb. 1), das nun durch den Wehrbau beseitigt wird.

Als Baustelle konnte eine natürliche Flusskrümmung ausgenützt werden (vergl. Abbildung 2), in die das Wehr und in seiner Verlängerung das Maschinenhaus hineingestellt wurde; dadurch kommt das dritte Glied des Baues, die Schleusenanlage, so zu liegen, dass eine gestreckte, günstige Schiffahrtslinie entsteht. Der Baugrund, durchwegs gewachsener Gneiss, ist von einer 3 bis 5 m mächtigen Sand- und Kiesschicht überdeckt, die geeignetes Material bot zur Schüttung der im Oberwasser teilweise nötigen Uferdämme.

Das *Wehr*, zu sechs Oeffnungen von je 25 m Weite, hat eine Gesamtlänge von 175 m und hält einen Stau von 8,85 m bei N. W. Die Wehrschwelle, aus granitverkleidetem Beton, liegt 2,45 m unter N. W. und besitzt ober- und unterwasserseits je einen 2 m tiefen Sporn als einzige Sohlensicherung. Die Pfeiler tragen ausser dem geschlossenen Wehrsteg aus ausgemauertem Eisenfachwerk eine öffentliche Brücke. Die Schützen sind Doppelgleitschützen, die untere 8 m, die obere 3 m hoch; sie regulieren den Stauspiegel durch Ueberfall oder Unterströmen, während die Oeffnung eines Spaltes zwischen beiden Schützen nicht vorgesehen ist. Sie unterscheiden sich namentlich durch ihre Abmessungen von den bisher üblichen Ausführungen. Das grösste abzuführende Hochwasser beträgt 6000 m³/sek, wobei gleichzeitig aussergewöhnlich grosse Mengen von Treibeis auftreten können.

Die Sohle des Einlaufbauwerkes liegt 2,5 m über Flussohle; es trägt einen Eisenbetonsteg mit Feinrechen und Rechenputzmaschine. Der Schlamm, der sich im Vorbecken ablagert, soll durch einen Schwimmbagger, für den im Einlaufbauwerk eine Ausfahröffnung vorgesehen ist, weggeschafft werden.

Das *Maschinenhaus*, 120 m lang, zählt acht vertikalachsige Turbinengruppen, die mit einem Achsabstand von 15,5 m angeordnet sind. Ihre Einläufe sind durch eine Vertikalwand in zwei Hälften unterteilt, die mit Grobrechen und Tauchwand versehen sind und sich durch Rollklappen abschliessen lassen, während die Saugkrümmer in ihrem obern Teil durch eine wagrechte Zunge und einen senkrechten Steg in vier Teile zerlegt sind. Die acht Propeller-Turbinen mit Drehstromgeneratoren liefern bei der vorgesehenen Ausbauwassermenge von 700 m³/sek eine mittlere Leistung von 42600 PS und eine Jahresenergie von 250 Mill. kWh.

Als Grundlage der Bemessung der *Schleusen* diente ein Schleppzug aus einem Raddampfer (des heute im Donauverkehr üblichen Typs von 20 m grösster Breite) und vier 1200 t-Kähnen (72 m lang, 10 m breit), die zur Schleusung zu je zweien nebeneinander gelegt werden. Es ergaben sich daraus Schleusenkammern von 230 m Länge und 24 m Breite. Die im Ober- und Unterwasser vorgelegten Schiffsliegeplätze sind aus Abbildung 2 zu ersehen.[1]) Die Sohle beider Schleusenkammern liegt 3,5 m unter N. W., ihre Plattform 1,5 m über H. W. Die eisernen Stemmtore werden elektrisch betätigt und im Notfalle durch Schwimmbalken in Eisenfachwerk-Konstruktion ersetzt.

Das *Transformatorenhaus* auf dem linken Ufer ist durch eine Kabelbrücke über die Schleusen mit dem Maschinenhaus verbunden.

Ueber die *Bauausführung* sei noch folgendes mitgeteilt: Begonnen wurde im Sommer 1922 mit der Südschleuse. Die Sohle ihres O. W.-Kanals war dabei so tief zu legen, dass sie der Schiffahrt auf dem ungestauten Fluss dienen konnte, d. h. 6,5 m tiefer als für die Nordschleuse und nur 2 m höher als die Kammersohle. Beide Schleusen und ihr U. W.-Kanal mussten aus dem gewachsenen Fels ausgesprengt werden; meist in durchgehendem Tag- und Nachtbetrieb wurden total 400000 m³ abgetragen. Die Südschleuse ist seit 1925 in Betrieb, die nördliche geht der Vollendung entgegen.

[1]) Vergl. „S. B. Z." Band 78, Seite 281 (3. Dezember 1921).

[1]) Im Projekt für das Kraftwerk Kembs hat die eine Kammer der Doppelschleuse 185 m, die andere vorläufig 100 m Länge, beide 25 m Breite (vergl. S. B. Z. Bd. 79, S. 277, 3. Juni 1922), Dimensionen, die den hier für die Grosschiffartstrasse als Norm ausgeführten nahe kommen und damit wohl von neuem Gewähr bieten, dass sie dem dort zu erwartenden Verkehr gewachsen sind. Red.