

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 72 (1954)
Heft: 21

Artikel: Das Innkraftwerk Simbach-Braunau
Autor: Innwerk Aktiengesellschaft
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-61194>

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: 15.01.2026

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

Das Innkraftwerk Simbach-Braunau

Mitgeteilt von der Innwerk Aktiengesellschaft, Töging am Inn, Bayern

DK 621.29

Fortsetzung von Seite 255

III. Die Wehranlage b) Mechanischer Teil

Der deutsche und österreichische Stahlwasserbau bevorzugt im allgemeinen die Ausführung weniger, breiter Wehrverschlüsse. Vorsichtshalber wird damit gerechnet, dass beim Auftreten von Katastrophen-Hochwasser der Verschluss einer Wehröffnung in geschlossener Stellung bewegungsunfähig sein könnte; diese Annahme ist allerdings sehr ungünstig, zumal alle Sorgfalt auf Erzielung höchster Betriebsicherheit der Betätigungsseinrichtungen für die beweglichen Verschlüsse getroffen wird. Ohne Zweifel sinkt die Gefahr einer Verstopfung der Durchflussquerschnitte durch grobes Treibzeug mit der Verbreiterung der Wehröffnungen. Sehr wichtig ist unbedingte Sicherheit in der Stromversorgung der elektrisch angetriebenen Aufzugwindwerke, da ihre Handbetätigung mit erträglichen Einrichtungen nur mit etwa $\frac{1}{100}$ der Hubgeschwindigkeit bei elektrischem Antrieb wirken kann. Ausser durch die Versorgung der elektrischen Antriebe über eine mehrfach eingespeiste Eigenbedarfsversorgung wird die Strombelieferung bei der Wehranlage Braunau durch einen Notstrom-Dieselsatz von rd. 300 PS Leistung gesichert, der beim Ausbleiben des Netzstromes von Hand mit Druckluft angelassen wird. Dabei genügt diese Leistung zum gleichzeitigen Antrieb von zwei Wehrverschlüssen.

Bewegliche Wehrverschlüsse der für Braunau erforderlichen Grösse und Bedeutung werden zweckmässig als Doppelschützen ausgebildet. Im vorliegenden Fall wurde — dem Charakter der ganzen Kraftwerkstanlage in Flachbauweise entsprechend — auf besonders geringe Höhe der Wehrpfeiler, d. h. auf eine möglichst niedrige Aufstellung der Windwerke auf den Pfeilern grosser Wert gelegt und erreicht, dass der Boden der Windwerkshäuser nur 3 m über dem Stauziel liegt. Dabei können die in sich zusammengeschobenen Doppelverschlüsse so hoch gezogen werden, dass der untere Rand des Schützenpaketes auf Stauzielhöhe liegt, was bei der starken Spiegelabsenkung des beschleunigten Abflusstrahles zwischen den Wehrpfeilern genügt, um eine Rammwirkung der auf dem Abflusstrahl etwa anschwimmenden langen Treibzeugstücke auf die Unterkante des Paketes zu vermeiden.

Nach den günstigen Erfahrungen mit der Doppelschützenkonstruktion mit einer sich auf die Unterschütze abstützenden hakenförmigen Oberschütze (kurz Hakenschütze genannt) an fünf früheren Anlagen am Inn wurde diese Verschluss-Bauart auch für die fünf Öffnungen des Wehres Braunau mit einer lichten Durchflusseweite von je 23,0 m und einer Verschlusshöhe von 13,8 m (davon 0,30 m Freibordhöhe gegen überschlagende Wellen) gewählt. Die Oberschütze könnte um 4,3 m auf die Unterschütze abgesenkt werden, doch wird von dieser starken Absenkbarkeit nur bis etwa 2,5 m Gebrauch gemacht, da es nach Ausweis der Modellversuche zur Schonung des Wehrabsturzbodens und der Uferböschungen günstiger ist, zur weiteren Steigerung des Wasserdurchlasses allmählich die zugehörige Unterschütze anzuheben. Wenn schliesslich die grösste relative Zusammenschiebung der beiden Teilschützen erreicht ist, wird das ganze Paket bis in die Höchstlage gehoben. Die derart verminderde Bauhöhe des Doppelverschlusses und der tiefe seitliche Angriff der beiderseitigen Aufzugsketten an der Unterschütze, bzw. an einem nach unten geführten Stiel der Oberschütze gestattet es, das Paket an den beiderseitigen tief sitzenden Windwelen vorbei in seine Höchstlage zu bringen.

Die Abführung der allmählich von der Mindestmenge bis zum Katastrophenhochwasser wachsenden Flusswassermenge durch die Turbinen und durch die Wehrverschlüsse ist schematisch auf Bild 14 gezeigt; diese Darstellung ist jedoch in einigen Punkten idealisiert. So hat es sich im Betrieb anderer Anlagen am Inn als zweckmäßig erwiesen, die Unterschützen nicht weniger als 25 bis 30 cm zu heben, weil bei geringerem Hub leicht Geröll oder Treibzeug unter den Schützen hängen bleibt. Auch die Annahme, dass die volle Schluckfähigkeit der Turbinen bis zum Katastrophen-Hochwasser ausgenutzt werden kann, ist meist nur ein Idealfall,

weil bei starkem Hochwasser durch Verlegung der Einlaufrechen das Schluckvermögen vermindert und u. U. sogar die Abschaltung der Maschinen erzwungen wird.

Für die Stahlkonstruktion der fünf Doppelverschlüsse kamen drei Ausführungen in Betracht. Während die Oberschütze in allen drei Fällen in gleicher Bauart vorgesehen war, wurde für die Unterschütze einmal die übliche Ausführung mit Hauptträgern in Fachwerkkonstruktion, dann als Vierendeel-Träger und schliesslich als vollwandige Kastenkonstruktion (Kastenträger) untersucht. Es ergab sich, dass die Gewichtsunterschiede nicht sehr bedeutend waren, so dass für alle drei Schützenarten die gleichen Windwerke vorgesehen werden konnten.

Die Stauwand der Oberschütze ist in den Knotenpunkten des Fachwerkträgers unter der Ueberfallhaube durch kräftige,

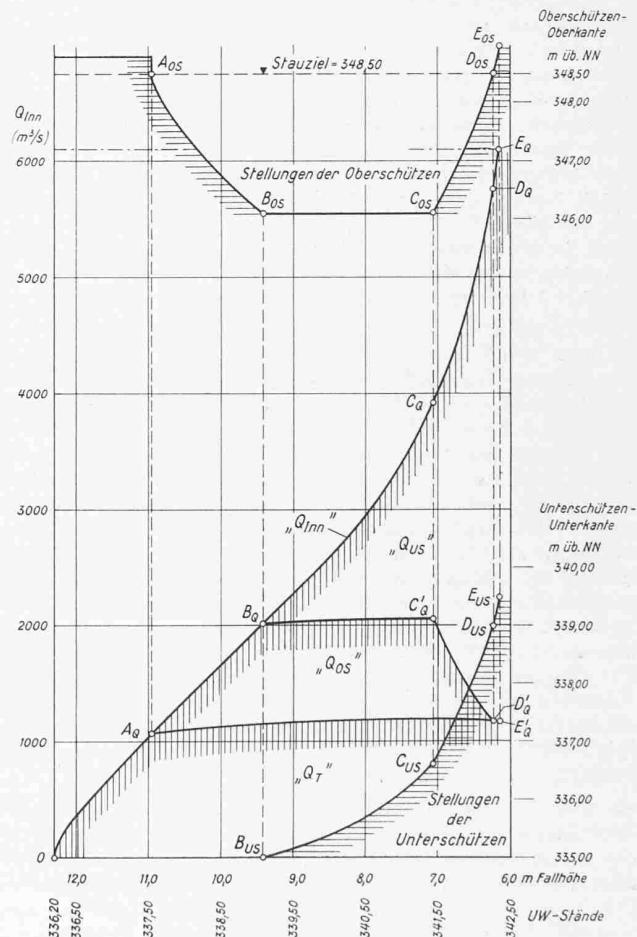


Bild 14. Abflusskurven und Schützenstellungen

A = Beginn des Ueberlaufes über die Oberschützen

B = tiefste Absenkung der Oberschützen und den Beginn des Ausflusses unter den Unterschützen

C = stärkste Zusammenschiebung von Unter- und Oberschützen
D = Aufhören des Wehrberlaufes. (Das Schtzenpaket erreicht das Ziel nicht)

E = Verschlusstellungen und Abflussmengen bei KHW

E = Verschlusstellungen und Ablussmengen bei KHW.

$$\text{Kurve } O - A_Q - B_Q - C_Q - D_Q - E_Q = \\ H_{\text{max}} - A_{\text{max}} - B_{\text{max}} - C_{\text{max}} - D_{\text{max}} - E_{\text{max}}$$

Kurve Aos – Bos – Cos – Dos – Eos =
 = Stellungen der Oberschüttzen (Oberkantur)

Kurve BUS = Cus = Rus = Ers =

Kurve $B_{US} = C_{US} = D_{US} = E_{US} =$
 \equiv Stellungen der Unterschützen (Unter-

— Stellungen der Unterschläufen (Unter) Ordinaten im Bereich „QT“ = Abflussanteil der Turbinen

Ordinaten im Bereich „Qos“ = Abflussanteil der Oberschützen

spantenartige, senkrechte Nebenträger ausgesteift, zwischen denen waagerechte Riegel liegen. Die Unterwasserseite der Stauwand dieser Schütze ist im Absenkbereich unter Verwendung versenkter Niete vollkommen glatt. Der auf die Oberschütze wirkende Wasserdruck wird von dem unter der Ueberfallhaube liegenden waagerechten Fachwerkträger und von den am unteren Ende der genannten senkrechten Spanten gelagerten, auf der Unterschütze laufenden Rollen aufgenommen; es muss also ein erheblicher Teil des Wasserdruckes auf die Oberschütze von der Unterschütze übernommen werden. Der obere Fachwerkträger überträgt den auf ihn entfallenden Wasserdruck durch je einen Laufwagen mit zwei Rollen auf die Laufschienen in den Pfeilernischen (Bild 15). Dabei kommt ein wesentlicher Vorteil der Hakenschützbauart, nämlich die sehr einfache Ausgestaltung der Pfeilernischen mit einer für Ober- und Unterschütze gemeinsamen Fahrbahn, besonders zur Geltung. Die seitliche Begrenzung der nach strömungstechnischen Gesichtspunkten gestalteten Ueberfallhaube bilden die Seitenschilder der Oberschütze, die für eine volle Ueberströmhöhe von rd. 2,7 m bemessen sind und verhindern, dass der überfallende Wasserstrahl oder mitgeführte Schwemmkörper in die Nischen gelangen. Beim Hochziehen der Oberschütze schieben sich die Seitenschilder an den Seitenwänden der Windwerkhäuser vorbei.

Die Ketten der Oberschütze greifen beiderseits an einer Stahlkonsole an, die am unteren Ende einer biegsungssteifen und durch Rollen einwandfrei geführten Kragstütze befestigt sind. Diese Anordnung gestattet nicht nur, wie erwähnt, einen grossen Teil des zusammengeschobenen Schützenpaketes am Windwerkrahmen vorbei nach oben zu ziehen, sie ermöglicht auch eine beiderseitige Lagerung der Kettenritzelwellen auf dem Windwerkrahmen und eine Bewegung der Oberschütze durch ihr Triebwerk unabhängig von der jeweiligen Stellung der Schütze. Die Konstruktion der genannten Kragstütze ist auch in statischer Beziehung klar und einfach und erlaubt die Anwendung der bewährten Seitendichtungen mittels elastischer Dichtungsschilder.

Für die Unterschütze wurde der Entwurf mit Vierendeelträgern als Hauptträger deshalb gewählt, weil durch den Wegfall der Hauptträger-Diagonalen die Anzahl der Einzelstäbe gegenüber der Fachwerkausbildung beträchtlich verringert ist. Auch die leichtere Unterhaltung des Anstriches und das bessere Aussehen der grossflächigen Trägerkonstruktion waren massgebend für diese Wahl, ebenso die Verringerung der Gefahr, dass sich Treibzeug und Fremdkörper im Tragwerk festsetzt. Der Zuggurt des Vierendeelträgers ist im vorliegenden Fall nach der Stützlinie der Belastung geformt, so dass in der Gurtung keine primären Biegemomente auftreten, sondern nur eine über den ganzen Gurt gleichbleibende Normalkraft vorhanden ist. Die Vorteile, die die Unterschützbauart mit Vierendeelträgern bietet, wurden im vorliegenden Falle höher eingeschätzt als die unbestreitbaren Vorteile der Kastenbauform (glatte Oberfläche gegen das Unterwasser, ein gewisser Frostschutz für die Stauwand usw.). Wie Bild 21 zeigt, dürfte mit der gewählten Bauart auch eine ästhetisch befriedigende Lösung gefunden sein.

Der auf die Unterschütze wirkende Wasserdruck wird über je zwei Laufwagen auf die schweren Laufschienen in den Pfeilernischen übertragen. Jeder Wagen besitzt zwei dem Wasserdruck entsprechend bemessene Laufrollen aus Stahlguss, die sich über Wälzrollen auf den in den Laufwagenkästen fest gelagerten Rollenachsen abwälzen; die Wälzrollenkammern sind vollständig mit Fett gefüllt und nach den Seiten zu durch Simmerringe abgedichtet, die so ausgebildet sind, dass das mit einer motorisch betriebenen Fettpresse eingepresste Nachfülfett aus der vollständig gefüllten Kammer seitlich herausquillt und etwa schon in die Dichtung eingedrungenen Sand nach aussen mitnimmt; diese Abwehrschmierung hat sich in allen Anlagen am Inn sehr gut bewährt.

Zwischen den Endschotten der Schütze und den Laufwagen sind Kipplatten und Stelzen eingebaut, die eine gleichmässige Belastung der beiden Laufräder eines Rollenwagens bei Längenänderungen und bei Schrägstellungen zwischen den beiderseitigen Auflagern infolge Durchbiegung bewirken. Ebenso wie die Stahlgussrollen der Laufwagen an Ober- und Unterschütze sind auch die Stützrollen, über die sich die Oberschütztafel gegen ihre Laufbahnen auf der Un-

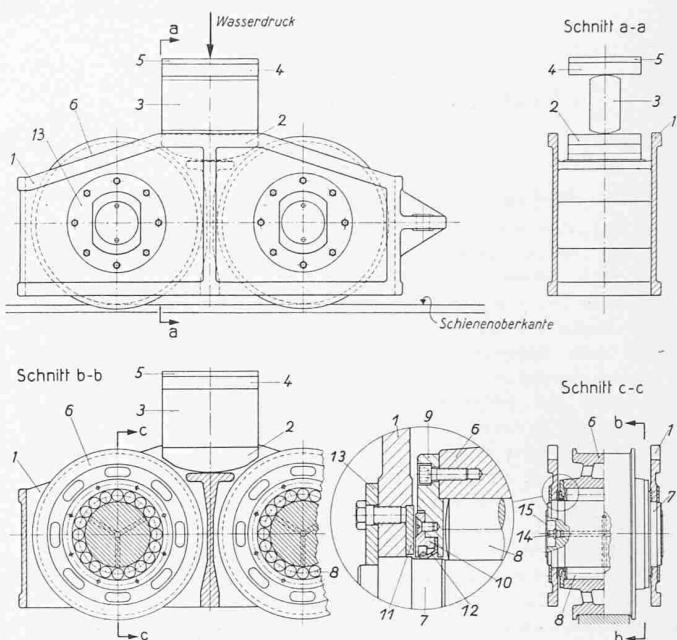


Bild 15. Laufwagen zur Unterschütze, Maßstab 1:45

1 Wagenrahmen	7 Achse	12 Dichtungs-
2 Kipplatte	8 Wälzrolle	manschette
3 Stelze	9 Druckring	13 Achshalter
4 Druckplatte	10 Schleifring (Stahl)	14 Schmiernippel
5 Futter	11 Schleifring	15 Verschlussdeckel
6 Laufrad		(Rotguss)

terschütze abstützt, mit Wälzrollen, Dichtung und Schmierung gleicher Art wie an den Haupttragrollen versehen.

Als Sohlendichtung ist an der Unterkante der Unterschütze eine Stahlschneide eingebaut, die mit dem erforderlichen Schliessdruck auf die feste Wehrschwelle aus Stahl gepresst wird. Als Feindichtung ist vor der Stahlschneide in der Ebene des Stauwandbleches ein Flachgummistreifen angeordnet, der etwas über die Unterkante der Stahlschneide vorsteht und infolgedessen zuerst zum Tragen und Abdichten kommt (Bild 16). Ein mehrere Jahre zurückliegender Versuch mit dieser Art Sohlendichtung bei anderen Wehranlagen am Inn ist durchaus geglückt, so dass keine Bedenken gegen die Verwendung dieser Dichtung am Wehr Braunau bestanden, zumal auch in anderen Flüssen trotz grösster Beanspruchung beim Durchgang von Geschiebe und Holzstämmen unter der angehobenen Schütze keine Beschädigungen der Stahlschneide und der Gummidichtung festgestellt worden sind. Im übrigen bereitet eine stückweise Instandsetzung einer etwa beschädigten Stahlschneide und die Auswechselung der Gummidichtleiste keine Schwierigkeiten.

Ein wesentlicher Konstruktionsteil der Doppelschütze ist die Längsdichtung zwischen den beiden Schützentafeln. Sie wurde auf Grund langjähriger Erfahrungen und Beobachtungen entwickelt und besteht aus einem zur Stauwand der Oberschütze hin nach unten offenen Blechkasten (Bild 16), der auf die Unterschütze aufgeschraubt ist (Schnitt a—a). Die zur Obertafel hin liegende Kastenwand ist in Gummi 13 gelenkig aufgehängt und trägt die durchlaufende Gummidichtung 10 sowie an ihrer unteren freien Kante in kleinen Abständen angeordnete, mit einem Gummiüberzug versehene breite Stahlrollen 11 von etwa 70 mm Durchmesser, die sich gegen die Obertafel abstützen und den Anpressdruck der Dichtung soweit nötig mindern. Diese in der Dichtungsebene laufenden Rollen gewährleisten unabhängig von der Durchbiegung beider Schützen einen gleichmässigen Anpressungsdruck der an die Kastenwand angebrachten Längsdichtung 10. Diese ist als durchgehende, auf der glatten Rückwand der Obertafel schleifende Stulpdichtung ausgebildet; das eigentliche Dichtungselement zwischen den beiden Tafeln besteht aus Gummi (Rohkautschuk) von geeigneter Qualität. Der Anpressungsdruck zwischen Gummi und Dichtungsfläche kann mit Hilfe der genannten Distanzrollen auf ein bestimmtes geringes Mass eingestellt werden; der Dichtungsdruck entspricht also jeweils dem auf die Flächeneinheit der

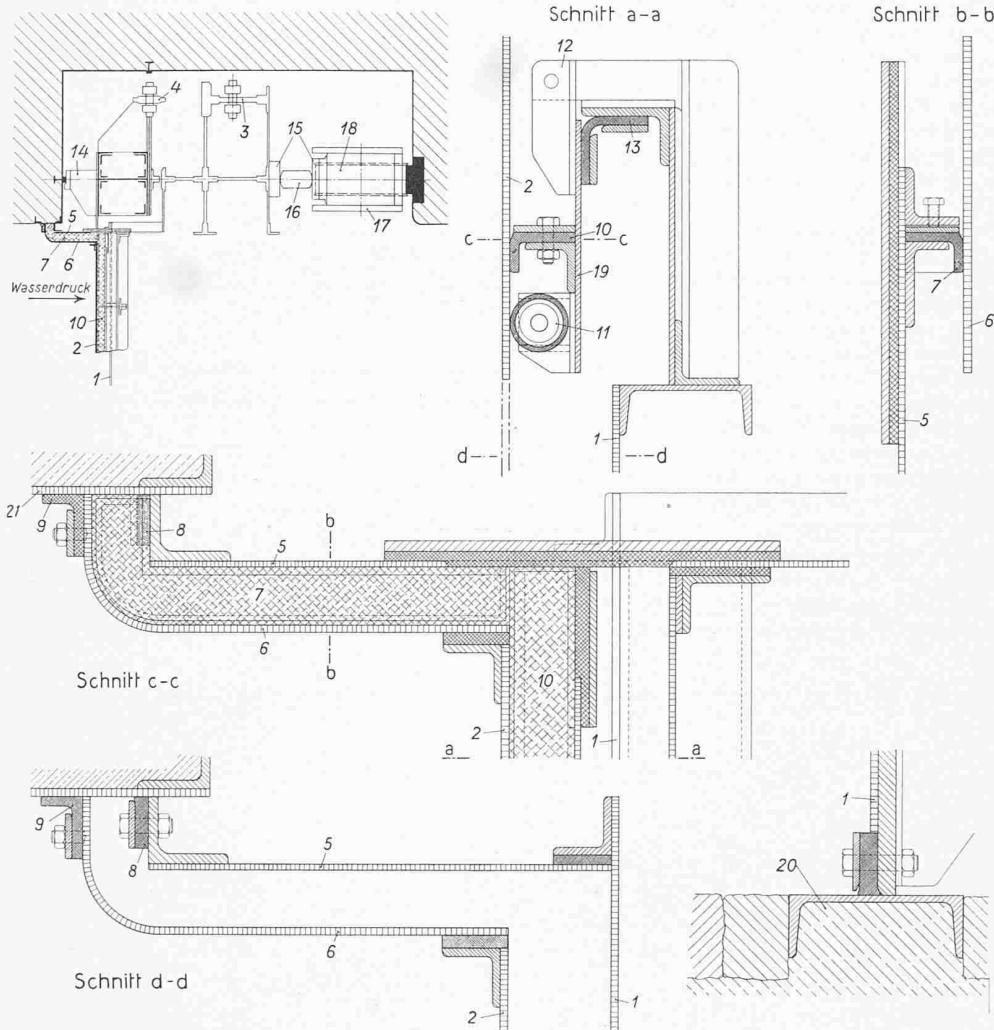


Bild 16. Dichtungen zwischen den Schützertafeln und gegen Wehrschnelle und Wehrpfeiler Masstab 1:10
Horizontalschnitt links oben 1:80

Legende zu den Bildern 16 und 17

1 Stauwand Unterschütze	5 Seitenschild Unterschütze	12 Gelenk
2 Stauwand Oberschütze	6 Seitenschild Oberschütze	13 Gelenkdichtung
3 Aufhängung der Unterschütze in trockener Nische	7 Dichtungsgummimtasche zwischen den Seitenschilden	14 Gegenführungskufe
4 Aufhängung der Oberschütze in trockener Nische	8 Seitendichtung am Unterschütze	15 Kipplatte
	9 Seitendichtung der Oberschütze	16 Stelze
	10 Längsdichtung zwischen Unter- und Oberschütze	17 Rollenwagen
	11 Distanzrollen	18 Laufrolle
		19 Federblech
		20 Wehrschnelle
		21 am Wehrpfeiler einbetoniertes Schleifblech

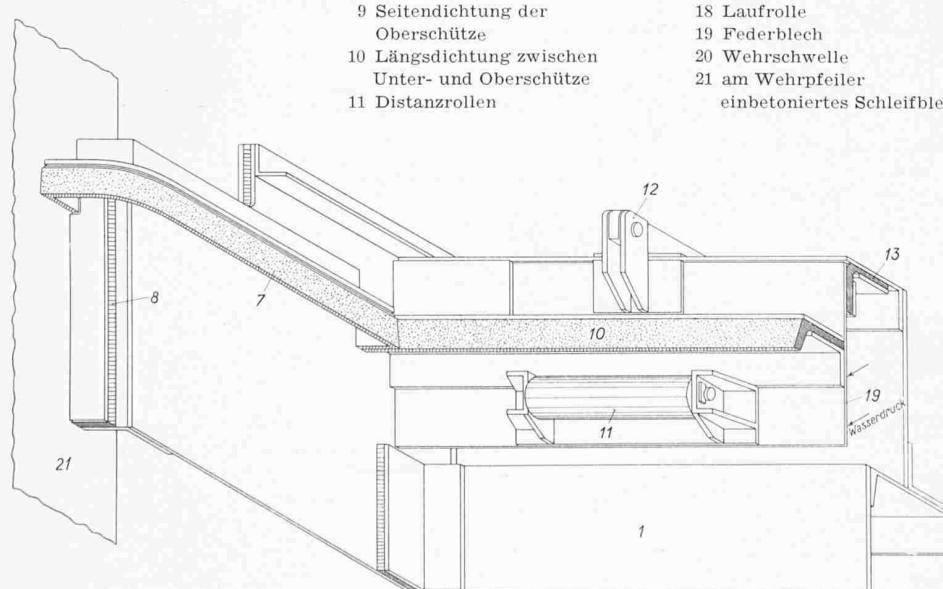


Bild 17. Schema der Dichtungen (Oberschütze entfernt, von der Unterschütze ist nur der obere Teil dargestellt)

Stulp entfallenden Wasserdruck gegen die Kastenwand. Um eine möglichst geringe, von Anstrichen oder Rostbildung auf der Stahlgleitfläche vollständig unabhängige Reibung zwischen Gummi und Stahl zu gewährleisten, ist die Schleiffläche der Oberschütze auf eine Höhe von 2,7 m mit Remanit bewehrt. Das verwendete remanitplattierte Blech besteht aus 9 mm starkem SM-Material St 37 als Grundstärke und einer 2 mm starken Schicht aus Remanit, einem rost- und säurebeständigen Stahl mit etwa 18 % Chrom- und 8 % Nickelzusatz, der ohne nachfolgende Warmbehandlung geschweisst werden kann. Die Herstellung dieser remanitplattierten Bleche erfolgt nach einem besonderen Plättierungs-Verfahren, das einen vollkommenen Verband zwischen Grundmaterial und Remanitauflage gewährleistet. Diese Art der Schleifflächenausbildung ist allerdings kostspielig, sie macht sich jedoch auf die Dauer unbedingt bezahlt, da sie die sonst recht erheblichen Kosten für wiederholte Konservierung der Schleiffläche, für die noch keine vollbefriedigende Lösung gefunden sein dürfte, entbehrlich macht.

Auch die Konstruktion der Seitendichtungselemente bedarf besonderer Ueberlegung. Sie sind im vorliegenden Falle als Stahlscheiden mit vorgesetzten Gummistreifen ähnlich der Sohlendichtung ausgebildet (Bild 16). Für die schwierige Uebergangsdichtung von der waagerechten Längsdichtung zur Seitendichtung ist eine auf Grund von Erfahrungen entwickelte vereinfachte Ausbildung gewählt, die scharfe Ecken vermeidet und schematisch auf Bild 17 dargestellt ist. Auch das Seitenschild der Oberschütze ist in dem Bereich, in dem die Uebergangsdichtung gleitet, aus remanitplattiertem Blech hergestellt. Grundsätzlich wird bei sämtlichen Dichtungen bewusst von der Verwendung von Holz abgesehen, und es werden nur Stahl und Gummi als Dichtungsstoffe verwendet.

Als Werkstoff ist für die Oberschütze St 37, für die Unterschütze St 52 verwendet. Die tragenden Elemente der Verschlüsse sind genietet, da diese Verbindungsart unbedingte Sicherheit gegen den Einfluss unübersehbarer Dauerbeanspruchungen durch hydraulisch verursachte Schwingungen gewährleistet. Schweißung ist nur an untergeordneten Stellen angewandt. Es

soll jedoch nicht gesagt sein, dass mit weiter fortschreitender Durchbildung der Schweißtechnik nicht schliesslich doch ganz geschweißte Konstruktionen für die Wehrverschlüsse mit Anspruch auf volle Sicherheit verwendet werden können, wie dies ja auch im Stahlbrückenbau der Fall ist, obgleich das empfehlenswerte Ausglühen geschweißter Konstruktionen bei der sehr sperrigen Form der Einzelteile von grossen Wehrschützen meist auf grosse Schwierigkeiten stossen dürfte.

Die zulässige rechnerische Beanspruchung ist in den Stahlbauteilen aus St 37 zu 1350 kg/cm², in Stahlbauteilen aus St 52 zu 2025 kg/cm² angesetzt. Die auf die Wehrverschlüsse vorliegender Bauart entfallenden hydraulischen Kräfte sind auf Grund eingehender strömungstechnischer Versuche in Versuchsanstalten und nach praktischen Erfahrungen an den Wehrverschlüssen der genau gleich gross bemessenen und beanspruchten Wehrschützenanlage des Kraftwerkes Eggling (unterhalb Braunau) ermittelt. Dehnungsmessungen zur Ermittlung der bei verschiedenen Schützenstellungen tatsächlich auftretenden Aufzugskräfte mit Hilfe besonderer, in die Hubketten eingeschalteter Messstücke sind an einer anderen Anlage am Inn in Vorbereitung.

Als Huborgane dienen für Ober- und Unterschütze je zwei einsträngige, in den Kettenritzeln der Aufzugwindwerke dreifach gelagerte Gelenkketten (Bild 18). Die Bolzen dieser Stahlketten haben durchweg den gleichen Durchmesser und

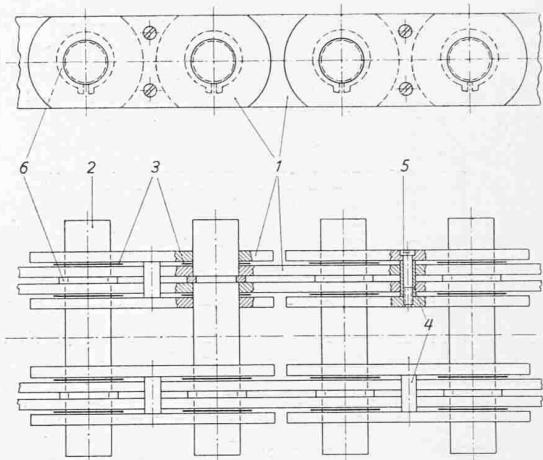


Bild 18. Kettenlaschen, Maßstab 1:12
 1 Kettenlaschen 3 Nichtrostende 5 Halteschrauben
 2 Kettenbolzen Zwischenscheibe 6 Seeger-Sicherungen

sind frei von festen oder losen Tragringen oder vorstehenden Hülsen; die Auswechselung eines jeden Bolzens ist deshalb ohne Schwierigkeiten möglich. Als Material für die Bolzen

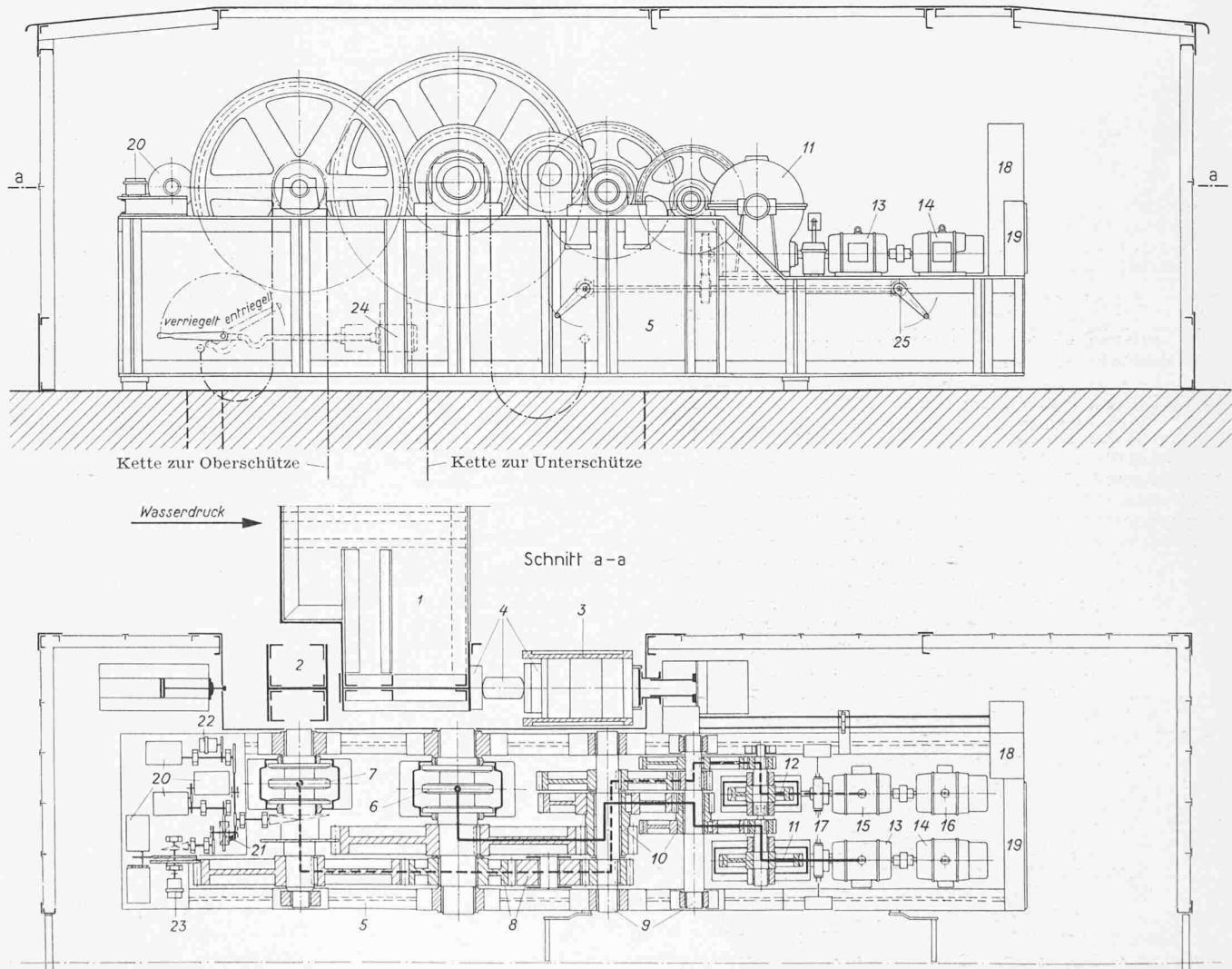


Bild 19. Aufzugwindwerk, Maßstab 1:80

- 1 Unterschütze (US)
- 2 Kragarm Ober-
schütze (OS)
- 3 Laufwagen
- 4 Druckplatten und
Stelzen
- 5 Windwerkrahmen
- 6 Kettenritzel zu US

- 7 Kettenritzel zu OS
- 8 Zwischenräder
- 9 Vorgelegewellen
- 10 Hohlwellen
- 11 Schneckengetriebe
zu US
- 12 Schneckengetriebe
zu OS
- 13 Motor zu US
- 14 Ausgleichmaschine
zu US
- 15 Motor zu OS
- 16 Ausgleichmaschine
zu OS
- 17 Bremsen
- 18 Teufenanzeiger
- 19 Steuerstand
- 20 Endschalterein-
richtung
- 21 Differential im
Endschalter-
antrieb
- 22 Geber für Fern-
stellungsanzeiger
des OS
- 23 Geber für Fern-
stellungsanzeiger
des US
- 24 Schützen-
verriegelung
- 25 Handantrieb

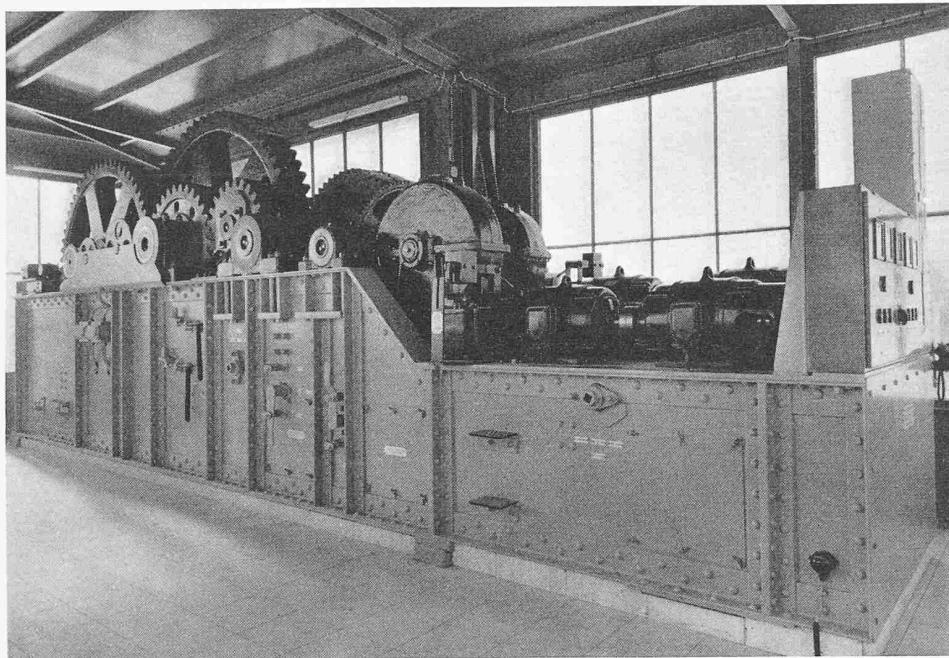


Bild 20. Ansicht eines Windwerks

ist St 60.11 verwendet. Zwischen den einzelnen Traglaschen sind dünne Scheiben aus nichtrostendem Material eingeschaltet, die die Ketten in ihren Gelenken beweglich halten; ihre Umlenkung über das Ritzel wird noch durch eine kräftige Kettenhaube gewährleistet.

Ein wesentliches Merkmal der Doppel-Aufzugwinde (Bild 19) ist ihre Entwicklung der Länge nach, um mit verhältnismässig geringer Breite in den Windwerkhäusern auszukommen und noch einen genügend breiten Durchgang zwischen den beiden Windwerken auf jedem Pfeiler zu erreichen.

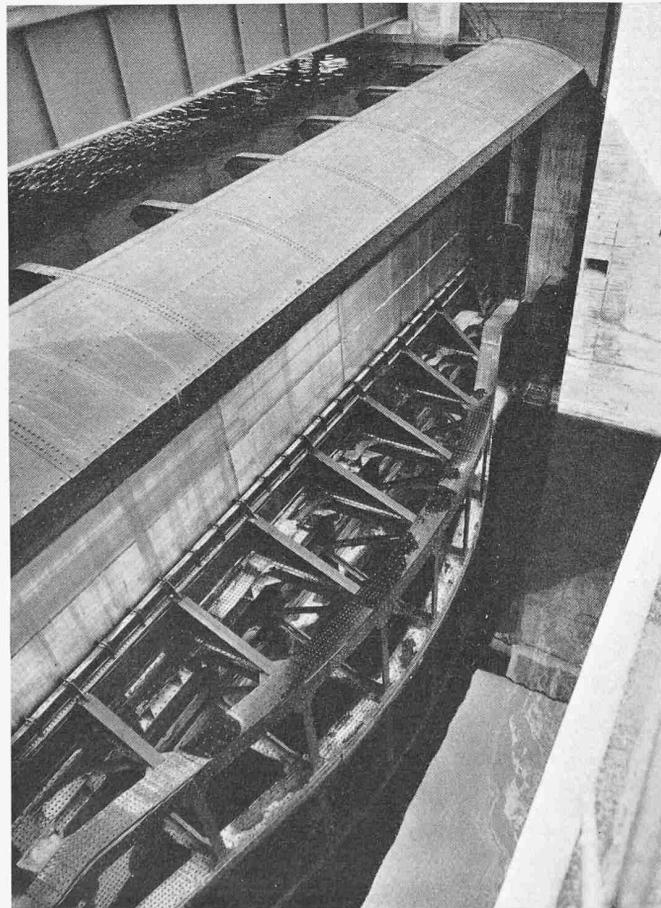


Bild 21. Ansicht der Schützen

Es sind je zwei dieser Doppelwindwerke für die linke und rechte Antriebseite zweier benachbarter Verschlüsse in einem gemeinsamen Windwerkhaus untergebracht; in den beiden Endfeldern stehen natürlich nur Einzelwindwerke. Die Triebwerk-übersetzungen sind für eine Hubgeschwindigkeit der Ober- und Unterschütze bei elektrischem Antrieb von je 0,2 m/min ausgelegt. Die Aufzugkräfte berücksichtigen außer Eigengewicht, Reibung und Wasserauflast einen Zuschlag von 15 %. Bei den grössten Kräften sind alle Teile der Ketten und Triebwerke bei der Unterschütze für eine mindestens 4fache, bei der wesentlich öfters betätigten Oberschütze für eine 4,5fache Sicherheit ausgelegt. Jedes Triebwerk besteht aus der geschmiedeten Ritzelwelle, drei Stirnrädervorgelegten und einem Schneckenantrieb. Die Ritzelwellen sind aus Stahl St 60.11 geschmiedet, hohl gebohrt, so dass bei der Ausspiegelung dieser Boh-

rung etwaige Risse oder sonstige Fehlstellen im Material festgestellt werden können. Um ganz sicher zu gehen, wurden sämtliche Ritzelwellen im Lieferwerk einer Belastungsprobe nach zwei zueinander senkrechten Querrichtungen hin unterzogen, wobei die Probobelastung mit einer über das Ritzel geschlungenen Kette durch hydraulisches Pressen erzeugt wurde; eine derartig weitgehende Vorsichtsmassnahme ist erfahrungsgemäss keineswegs überflüssig. Sämtliche Stirnräder sind nach dem Abwälzverfahren aus dem vollen Stahlguss gefräst, die schwer belasteten Lager mit Bronzeschalen versehen. Die durch aufwärts gerichtete Zahndrücke belasteten Lager sind durch kräftige Zuganker mit den Hauptträgern der genieteten Triebwerkrahmen verbunden.

Im Triebwerk der Unterschütze sind die Stirnräder und Stirnräderitzel fest auf die Vorgelegewellen aufgekeilt, die die aus der Unterschütze herrührenden Dreh- und Biegemomente zu übertragen haben. Das gleiche gilt für die Kettenritzewelle der Oberschütze; das auf ihr aufgekeilte grosse Stirnrad greift jedoch nicht unmittelbar in das zugehörige Ritzel ein, sondern über ein Zwischenrad, das lose auf der Kettenritzewelle der Unterschütze läuft und mit einer Bronzebüchse und mit Pressfettenschmierung ausgestattet ist. Die Stirnradritzel des ersten und zweiten Vorgeleges der Oberschütze sind als ausgebüchste Hohlwellen ausgebildet und laufen auf den entsprechenden Wellen des Unterschützenantriebes, die den Hohlwellen als Lagerung dienen. Jede Ritzelhohlwelle besitzt eine einseitige Verlängerung, auf der das Stirnrad des nächsten Vorgeleges aufgekeilt ist. Die Hohlwellen haben nur Drehmomente aus dem Oberschützenantrieb zu übertragen. Bei der Bemessung der Wellen des Triebwerkes der Unterschütze sind die von den Vorgeleges des Oberschützenantriebes herrührenden Zahndrücke berücksichtigt. Den Hohlwellen wird Schmierfett durch axiale Bohrungen in den Vorgelegewellen zugeführt.

Die Schneckengetriebe der Ober- und Unterschützen stehen mit den Antriebmotoren unmittelbar nebeneinander (Bild 19). Die Schneckengetriebe mit Schneekradkränzen aus Bronze und Stahlschnecken sind in öldichten Gussgehäusen gelagert; zwischen Schneckenwelle und Motor ist eine stossdämpfende elastische Kupplung eingeschaltet, deren Kranz als Brems scheibe ausgebildet ist, auf die eine durch einen elektrischen Hubmagneten gesteuerte Backenbremse (Stoppbremse) wirkt. Über das andere Ende der Schneckenwelle ist ein Handantrieb angeschlossen, dessen Doppelhandkurbeln im Zwi schengang angeordnet sind. Natürlich können mit diesen Handantrieben keine nennenswerten Schützenwege zurückge legt werden, sie dienen vielmehr in der Hauptsache der ge nauen Einstellung bzw. der Nachstellung etwaiger Schräglagen der Verschlusstafeln; es wäre zu überlegen, die immer-

hin ziemlich umfangreichen, als Reserve nicht brauchbaren Handantriebe ganz wegzulassen; die erwähnten Nachstellungen ungleich verfahrener Schützentafeln können unmittelbar an den Schneckenwellen vorgenommen werden.

In jedem Windwerkrahmen ist ein Riegel eingebaut, in dem das vollständig angehobene Schützenpaket zur Entlastung der Hubketten aufgehängt werden kann. Diese Riegel werden durch einen Handhebel vor- und zurückgeschoben. Auf je einem Triebwerk einer Wehröffnung ist die wichtige Endschaltereinrichtung aufgebaut. Die Endschalter werden über Stirnrädergetriebe an das Ober- bzw. Unterschützentriebwerk angeschlossen, Kettenantriebe sind bewusst vermieden. Diese Endschalter begrenzen die eingeleiteten Bewegungen in den oberen und unteren Endstellungen der beiden Schützen und verhindern, dass sie über die ganz auseinandergezogene Stellung hinaus auseinandergerissen werden könnten, was zu einer Beschädigung der Längsdichtung zwischen den beiden Teilschützen führen müsste. Auch treten Endschalter in Tätigkeit, bevor bei ganz auseinandergezogenen Teilschützen die Laufrollen der Oberschütze ihre Schienen verlassen würden.

Die Triebwerkseinheiten besitzen elektrischen Gleichlauf, auf eine mechanische Verbindung der beiden Teiltriebwerke einer Öffnung ist also verzichtet. Zur Verwendung der elektrischen Gleichlaufeinrichtung konnte man sich entschließen, weil damit bei früheren grossen Wehrschießenanlagen am Inn gute Erfahrungen gemacht worden sind. Die sogenannte «elektrische Welle» ist eine Schalteinrichtung, die den gleichen Bedingungen genügen muss wie eine mechanische Welle. Bei der mechanischen und der elektrischen Welle sind elastische Verdrehungen zulässig, die aber nicht so gross sein dürfen, dass bei der mechanischen Welle Bruchgefahr und bei der elektrischen Welle Durcheinanderlauf der Motoren eintritt. Mit jedem Motor der beidseitig angetriebenen Schützen wird eine Drehstromausgleichmaschine mit Schleifringläufer gekuppelt (Bild 23). Die Ständer dieser Maschinen liegen am Netz, die Läufer sind elektrisch miteinander verbunden. Die Ausgleichmaschinen werden durch die Motoren gegen das Drehfeld angetrieben. Die Läuferverbindung zwischen den Ausgleichmaschinen führt keinen Strom, solange

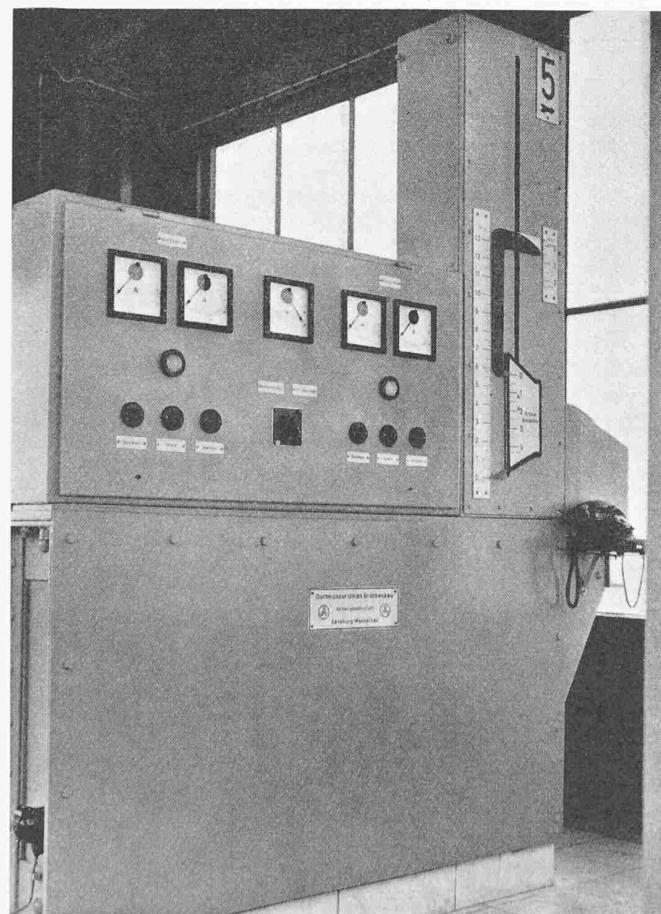


Bild 22. Steuerstand

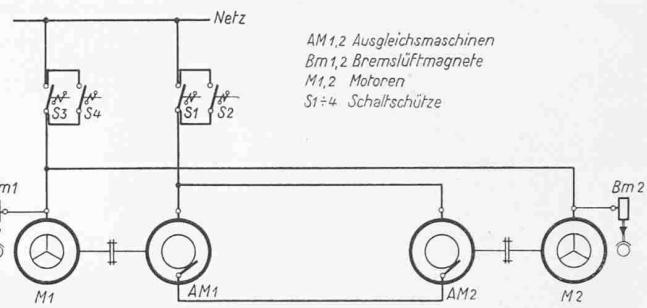


Bild 23. Schaltung der Windwerkmotoren für elektrischen Gleichlauf

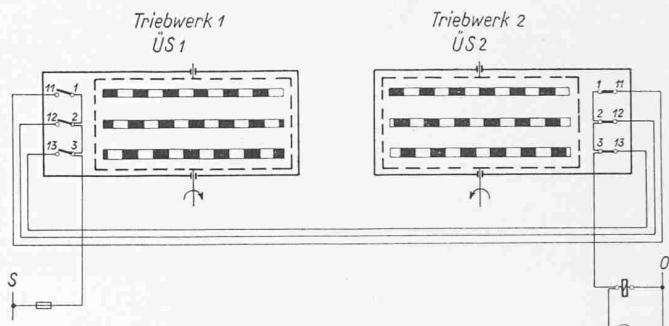


Bild 24. Schaltung zur Gleichlaufüberwachung der Windwerkmotoren

die beiden Läufer phasengleich laufen. Bei einer Verdrehung der Läufer gegeneinander durch unterschiedliche Belastung in den beiden Triebwerken tritt ein Ausgleichstrom auf, der von einer Maschine zur anderen fliesst. Die Ausgleichmaschinen sind so ausgelegt, dass sie schon im Stillstand das grösste mögliche Moment eines Motors übertragen können. Durch eine geeignete Schaltung wird dafür gesorgt, dass die Ausgleichmaschinen vor den Motoren eingeschaltet und erst bei Stillstand der Motoren wieder ausgeschaltet werden. Der Gleichlauf bleibt bestehen, solange die Netzspannung vorhanden ist.

Zum Zwecke der Gleichlaufüberwachung wird mit einer Zwischenwelle eines jeden Triebwerkes ein Nockenschalter gekuppelt (Bild 24), dessen Kontakte 1-11, 2-12 und 3-13 abwechselnd öffnen und schliessen. Wenn die Antriebe bei einer Störung ungleich laufen sollten, kommen die Kontakte beider Nockenschalter in Reihe und schalten ein Relais, das unter Aufleuchten einer Störungsmeldelampe den Antrieb abschaltet. Die Triebwerke werden dann durch Betätigen des Handantriebes nachgestellt, bis die Zeiger in beiden Nockenschaltern auf der gleichen Marke stehen. Außerdem sind am grossen Stirnrad eines jeden Antriebes feingestellte Rundskalen angesetzt, die eine scharfe Prüfung auf genau gleiche Stellung der grossen Räder jeder Antriebseite gestatten.

Auf der Unterwasserseite des einen Doppelwindwerkes für eine Wehröffnung ist ein Steuerstand angeordnet (Bild 22), von dem aus die Antriebmotoren dieses Windwerkes örtlich gesteuert werden können. Mit diesem Steuerstand verbunden ist ein mechanischer Teufenanzeiger 1:20, auf dem sich masstäblich nachgebildete Symbole der Ober- und Unterschützen in genau gleicher Weise absolut und relativ zueinander bewegen wie die grossen Verschlusstafeln. Von diesem Steuerstand aus ist eine gute Uebersicht über das ganze Windwerk gegeben. In der Regel werden jedoch die Doppelverschlüsse der fünf Wehröffnungen von der Kraftwerkswarte aus ferngesteuert, wo auch die genauen Ober- und Unterwasserstände angezeigt und aufgeschrieben werden; durch elektrisch betätigtes Fernmeldegeräte werden alle Bewegungen der beiden Schützen jeder Wehröffnung in der Warte genau angezeigt. Im Kraftwerk Braunau wird in der Regel bei allen Wasserführungen auf gleichbleibenden Oberwasserspiegel (Stauspiegel) gefahren, d. h. es wird das zufließende Wasser, soweit und solange es nicht durch die Turbinen verarbeitet werden kann, bei gleichbleibendem Stauspiegel über das bewegliche Wehr abgeführt.

Als oberwasserseitiger Notverschluss, der in jeder Wehröffnung mit Hilfe der beiden Kraftwerkkrane eingesetzt werden kann, wenn ein Wehrverschluss bewegungsunfähig ist

oder zu sonstigen Instandhaltungszwecken wasserfrei gemacht werden muss, sind fünf unter sich gleiche Dammbalken in Fachwerkkonstruktion vorhanden, die übereinander gesetzt die volle Verschluss Höhe ergeben. Die Führung jedes Dammbalkens in den beiderseitigen Führungsnischen übernehmen zwei an jedem Dammbalken übereinander angeordnete Laufrollen, deren Durchmesser etwas kleiner ist als der Abstand zwischen Lauf- und Gegenführungsschiene in der Nische. Die seitliche Führung der Dammbalken übernehmen kleine Rollen an ihren Stirnseiten und Schienen. Durch diese sorgfältige Führung jedes Dammbalkens wird ein Zwängen oder Verklemmen während des Einsetzens oder Aushebens verhindert. Mit Hilfe stückweise übereinander aufgesteckter Peilstangen wird das gleichmässige Ablassen bzw. Hochkommen der einzelnen Dammbalken über Wasser sichtbar gemacht. Beim Einsetzen und Ausheben ist zwischen dem Dammbalken und den beiden Kranhaken ein Zangenbalken eingeschaltet, der aus einem Träger in genieteter Stahlkonstruktion besteht. Die auf beiden Seiten in den Zangenbalken eingebauten vier Führungsräder laufen auf den gleichen Schienen wie die Dammbalken selbst.

Es wird oft, auch im vorliegenden Falle, die Forderung gestellt, dass die Dammbalken in einer teilweise durchströmten Wehröffnung einsetzbar sein müssen. Diese Forderung bedingt eine äusserst stabile Ausführung des Zangenbalkens, vor allem des Kupplungsgestänges für die Greiferzangen, um eine Durchbiegung und Verklemmung dieser Rohrgestänge unter Strömungseinwirkung zu verhindern. Wie weit sich die Forderung eines sicheren Notverschlusses bei teilweise durchströmter Wehröffnung verwirklichen lässt, ist etwas unsicher und weitgehend von der Bauform des beim Einsatz über- bzw. unterströmten Dammbalkens selbst abhängig. Diesbezüglich der hydraulischen Versuchsanstalt des Innwerkes durchgeführte Versuche mit Messung der waagerechten und senkrechten hydraulischen Kräfte während der Einsatzbewegung lassen auf eine teilweise sehr starke Strömungseinwirkung in senkrechter Richtung schliessen, was für die Beanspruchung der Krane und ihre Unterstützung natürlich höchst bedeutungsvoll ist. Die erwähnten Versuche sind noch nicht vollständig abgeschlossen.

Für den unterwasserseitigen Abschluss einer Wehröffnung bei geschlossener Doppelschütze bzw. eingesetztem oberwasserseitigem Notverschluss dient ein aus drei Einzellementen bestehender Schrägverschluss für eine senkrechte

Verschluss Höhe von 5,8 m. Die drei unter sich gleichen, als Gleitschützen ausgebildeten Dammbalken sind als Kastenträger mit grossen Aussparungen gebaut; sie werden mit Hilfe eines Greiferbalkens ähnlicher Bauart, wie vorbeschrieben, nur bei ruhendem Wasser eingesetzt bzw. ausgehoben. Die schräge Gleitbahn für das Ablassen und Ausheben der Schrägdammbalken ist auf der abgeflachten Stirnseite der Pfeiler verlegt. Sie reicht so weit hinaus, dass auch die mit Stahlblech armierte Stoßschwelle am Ende des Wehrbeckens trocken gelegt werden kann. Zum Auspumpen eines beiderseits abgeschlossenen Tosbeckens kann eine Motorpumpe auf den eingesetzten obersten Dammbalken gestellt werden.

Für das Beibringen und Ablassen bzw. für den Wiederausbau dieses Schrägdammbalkenverschlusses eignen sich die beiden, die ganze Wehranlage bestreichenden Kraftwerkkrane in Form von Ausleger-Portalkrane sehr gut; für das schräge Ablassen bzw. Anheben werden die Hauptwinden in eine bestimmte Stellung zurückgefahren und verriegelt, nachdem der senkrecht an den Kranhaken hängende Dammbalken zunächst am oberen Ende der Schrägbahn aufgehängt worden ist, um mit den Laufkatzen in die Verriegelungsstellung zurückfahren zu können. Dieser Schrägvorschluss, der in ganz ähnlicher Form erstmalig schon bei früher gebauten Anlagen angewendet wurde, ist auch in Braunau wiederholt mit bestem Erfolg erprobt worden.

Entsprechend der weitgehenden Verwendung von Stahlkonstruktionen an der Wehranlage Braunau sind die Schützenwindwerke in geräumigen Stahlhäusern mit abnehmbarem Blechdach untergebracht. Eine sehr reichlich bemessene Verglasung ergibt eine ausgezeichnete Tageslichtbeleuchtung der Windwerkräume. Bei den Windwerkräumen kommt ebenso wie bei den Stahlbrücken der Vorteil eines sehr raschen Montagefortschrittes stark zur Geltung.

Der Zusammenbau der Wehrverschlusskörper wurde gleichzeitig in zwei Wehröffnungen auf Hochrüstungen über dem fliessenden Wasser durchgeführt. Die Hochrüstungen bestanden aus schweren Trägern, die die betreffenden Wehröffnungen frei überspannten und an den Enden auf in den Pfeilern eingesteckten Konsolträgern ruhten. Für die Beförderung der Montagestücke wurde ein Portalkran von etwa 20 t Tragfähigkeit verwendet, der auf den Schienen der später aufgestellten Kraftwerkkrane fuhr. Fortsetzung folgt

Bau und Oelhöftigkeit des schweizerischen Molassebeckens

DK 553.982

Von Dr. J. Kopp, Geologe, Ebikon

Durch Tiefbohrungen und seismische Forschungen ist in den letzten Jahren der Gebirgsbau des schweizerisch-deutschen Molassebeckens wesentlich aufgehellt worden. Es ist noch nicht lange her, da gewisse Geologen glaubten, über das Molassebecken ziemlich gut orientiert zu sein, treten doch dessen Gesteine sowohl am Alpen- wie auch am Jurarande zutage. Erfahrene Oelgeologen haben indessen darauf hingewiesen, dass nur Tiefbohrungen und gründliche geophysikalische Untersuchungen die notwendige Aufklärung bringen könnten. Die Ueberraschungen, welche die neuesten Forschungen gebracht haben, zeigen mit aller Deutlichkeit, dass diese Auffassung richtig ist.

In der Schweiz sind bisher vier Tiefbohrungen durch die Molasse mit einer Gesamtlänge von 7100 m ausgeführt worden. Dabei wurde in zwei Bohrungen (Cuarny und Altishofen) auch die darunterliegende Juraformation bis in den Dogger durchbohrt. Im deutschen Molassegebiet ist ein Mehrfaches an Bohrleistungen erzielt worden, da eine Reihe von Oelgesellschaften eine intensive Flach- und Tiefbohrtätigkeit ausüben.

Bei den geophysikalischen Forschungsarbeiten steht die Seismik weitaus an erster Stelle. Sowohl am Alpenrande wie auch im Mittelland des deutschen Anteils des Molassebeckens sind mehrere seismische Trupps tätig, um den Gebirgsbau der tieferen Gesteinsschichten abzuklären und günstige Bohrpunkte herauszufinden. In der Schweiz sind von einer deutschen geophysikalischen Gesellschaft im Auftrag schweizerischer Interessenten im Kanton Waadt und im Kanton Luzern seismische Forschungen durchgeführt worden. Im Kanton Freiburg hingegen hat eine englische Oelforschungsgesellschaft gravimetrische Untersuchungen vorgenommen.

Welches sind nun die Resultate dieser neuen Forschungen? Wir können hier 1. stratigraphische, 2. tektonische und 3. ökologische Ergebnisse unterscheiden.

1. In *stratigraphischer Hinsicht* hat sich ergeben, dass am Jurarande die tiefsten Molasseschichten entweder gar nicht oder dann nur lückenhaft vorhanden sind. Die Ton-schiefer (Grisiger Mergel) und Kalksandsteinbänke (Horwer Platten) des Alpenrandes reichen nur bis etwa in die Hälfte des Molassebeckens. Längs dem Jurarande liegen die Schichten der unteren Süßwassermolasse in verschiedenartiger und verschiedenartiger Ausbildung auf Malm oder Kreide. Zur Zeit der Bildung der unteren Meeresmolasse herrschte zeitweise Festland am Jurarande, so dass Sedimentationslücken vorhanden sind, die bis in die untere Süßwassermolasse hinaufgreifen. So sind z. B. die Aarwangerschichten in der Bohrung Altishofen nicht angetroffen worden. Neuere Beobachtungen deuten darauf hin, dass Faltenbildungen bereits in den ältesten Molasseschichten eingesetzt haben. Im deutschen Molassegebiet sind längs des Juras Erosionsrinnen in der unteren Süßwassermolasse beobachtet worden. Aus der Kreuzschichtung der Gesteine und der Untersuchung der schweren Minerale haben die deutschen Geologen herausgefunden, dass der Transport der Sedimente ins Molassebecken in der Hauptsache von den Seiten her erfolgte, wobei die Transportrichtungen zeitweise wechselten.

2. Zur Aufklärung des *Gebirgsbaues* des Molassetroges haben insbesondere die seismischen Untersuchungen hervorragend beigetragen. Während in den Molasseschichten, vor allem im alpennahen Teil, gute Reflexionshorizonte für die