Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 93 (1975)
Heft: 42: SIA-Heft, 7/1975: Konjunkturelle Perspektiven

Artikel: Moderne Segmentwehre und ihre Lagerungen
Autor: Schütz, Karl Heinz
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-72847

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: 16.12.2025

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

neutrales Instrument schaffen, das repräsentativ und landesweit unterstützt handeln kann.

Der SIA und die ihm nahestehenden Verbände meinen mit dem Export eine echte Möglichkeit im Rahmen des notwendigen Redimensionierungsprozesses im Inland zu bieten. Wenn auch der kommende Weg beschwerlich ist, so hoffen wir auf das Verständnis und die Unterstützung aller Instanzen, die wir im Rahmen der Vorbereitungen im Verlaufe der nächsten Monate begrüssen werden.

Die Zentralstelle soll allen Büros, die im Verzeichnis der Projektierungsbüros eingetragen sind, zur Verfügung stehen. Wir hoffen deshalb auf ihre Solidarität im Interesse unserer Berufsstände und letztlich unserer Volkswirtschaft.

Adresse des Verfassers: *Wladimir Romanowsky*, dipl. Architekt, c/o Suter & Suter AG, Generalplaner- Architekten, Lautengartenstrasse 23, 4010 Basel.

Moderne Segmentwehre und ihre Lagerungen

Von Ing. **Karl Heinz Schütz**, Schweinfurt

DK 627.845

Stauwehre werden zum Zwecke des Hochwasserschutzes, der Wasserversorgung und der Energiegewinnung errichtet. Sie sind zudem von grosser Bedeutung für die Gewässerreinhaltung und die Sicherung eines ausgewogenen Grundwasserhaushaltes. Wasserkraftwerke nutzen das natürliche Gefälle von Flussläufen zur Stromerzeugung und decken damit beträchtliche Teile unseres stetig wachsenden Energiebedarfs.

Das zum Stau eines Gewässers erforderliche Stauwerk besteht in der Regel aus mehreren Wehrfeldern, in denen bewegliche Verschlusskörper angeordnet sind, mit deren Hilfe der Wasserstand reguliert werden kann. Von den bisher bekannten Verschlusskörperarten hat sich der ölhydraulisch angetriebene Segmentverschluss in stärkerem Masse durchgesetzt. Moderne Stützlagerkonstruktionen leisten einen wesentlichen Beitrag zur Betriebssicherheit dieser Segmentverschlüsse.

In dieser Arbeit werden zunächst einige mit Segmentverschlüssen ausgeführte Stauwerke beschrieben. Dabei wird unterschieden zwischen Anlagen, die zum Hochwasserschutz errichtet wurden und solchen, die der Energiegewinnung dienen. Anschliessend wird auf die lagerungstechnischen Gesichtspunkte der Wehrverschlüsse näher eingegangen und einige Lagerarten und Einbaubeispiele beschreiben.

1. Hochwasser-Sperrwerke

1.1 Projekt Donauhochwasserschutz Wien

1.1.1 Vorgeschichte

Die erste grosse Flussregulierung der Donau in Wien wurde in den Jahren 1870 bis 1875 durchgeführt. Bis dahin hatte die Donau das heutige Stadtgebiet in vielen verschlungenen Armen durchflossen. Eisstösse und Schmelzwasser führten zu verheerenden Hochwassern, deren Überschwemmungsgebiete die Entwicklung der Grossstadt stark behinderten. Mit dem für die damalige Zeit gewaltigen Projekt der ersten Donauregulierung wurden die Schlingen des Hauptgerinnes durch einen Durchstich begradigt. Die seinerzeit geschaffenen Anlagen waren für eine Hochwassermenge von 11 700 m³/s bemessen. Nach den Katastrophenhochwassern der Jahre 1897 und 1899 mit Durchflussmengen von 10 500 m³/s tauchten jedoch bereits erste Zweifel an der ausreichenden Bemessung der Hochwasserschutzanlagen auf. Seither stellt sich die Forderung, das seit 1875 in der jetzigen Form bestehende Strombett weiter auszugestalten, um die Stadt vor Katastrophenhochwasser wirksam schützen zu können.

1.1.2 Entlastungsgerinne

Den Hauptteil des vom Magistrat der Stadt Wien vorgelegten Projektes *Donauhochwasserschutz Wien* bildet ein 21,1 km langes und 200 m breites Entlastungsgerinne, welches linksseitig vom Hauptstrom verlaufend bei Langenzersdorf beginnt und am Hafen Lobau endet [1]. Das Gerinne hat das gleiche Gefälle und die gleiche Tiefe wie das Donaubett. Bei Katastrophenhochwasser werden 8800 m³/s im Hauptstrom und 5200 m³/s im Entlastungsgerinne abfliessen. Zwischen dem Hauptstrom und dem Entlastungsgerinne entsteht eine 20 km lange und 60 bis 200 m breite hochwasserfreie Insel von 390 ha nutzbarer Fläche, die grösstenteils als Erholungsgebiet ausgebaut werden soll. Die Regulierung des Wasserstandes im Entlastungsgerinne wird durch drei Wehranlagen erfolgen. Die erste Anlage, das Einlaufbauwerk (Bild 1), sperrt bei

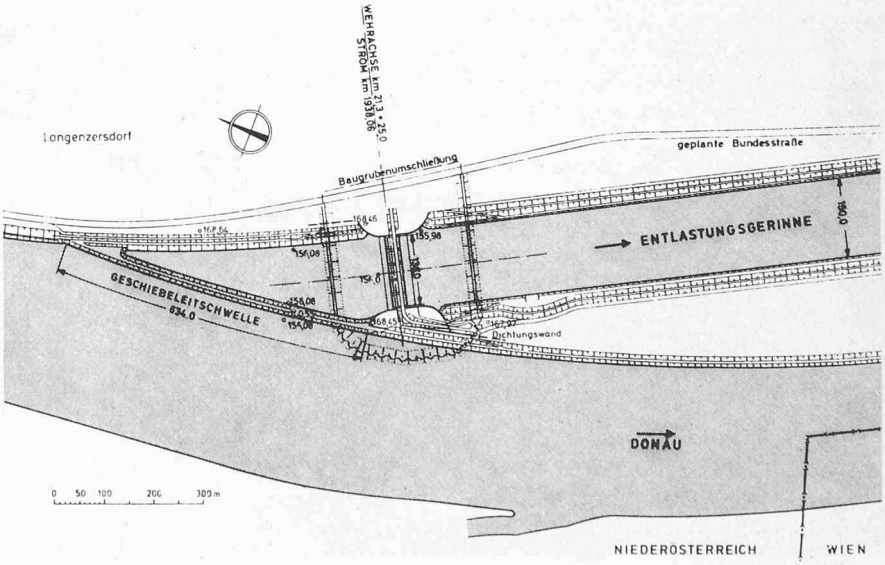


Bild 1. Lage des Einlaufbauwerkes am Anfang des Entlastungsgerinnes

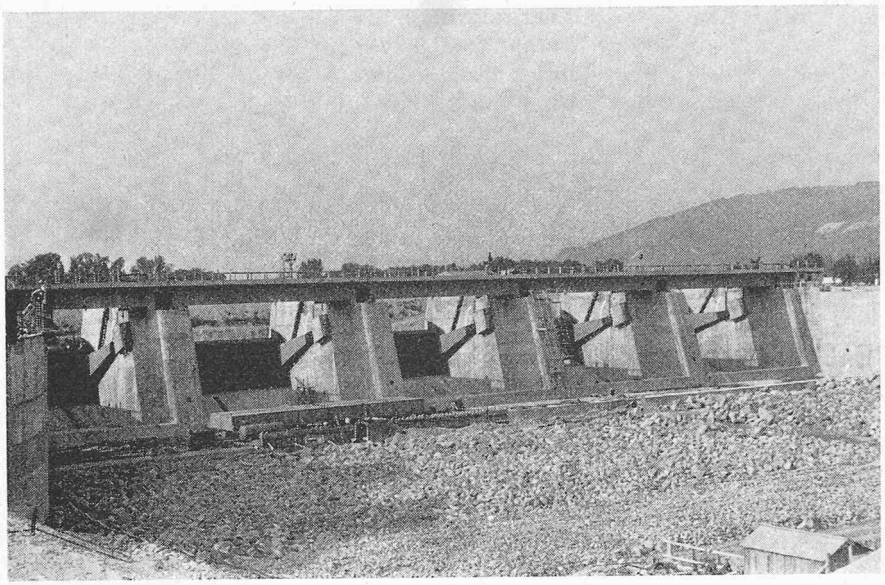


Bild 2. Ansicht des Einlaufbauwerkes von der Unterwasserseite her

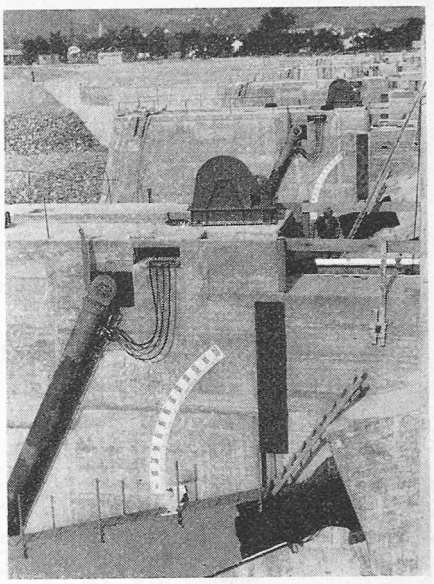


Bild 3. Stützlager und Hubzylinder der Segmentverschlüsse

Mittel- und Niedrigwasser das Entlastungsgerinne, um die für die Schiffahrt im Hauptstrom erforderliche Wassermenge sicherzustellen. Im Hochwasserfall regelt es die Aufteilung der Hochwassermenge. Durch zwei weitere Wehre, eines oberhalb der Praterbrücke und eines am unteren Ende des Gerinnes, kann in diesem das Wasser gestaut und damit ein stehendes Gewässer hergestellt werden.

Das bereits fast fertiggestellte Einlaufbauwerk[1]) (Bild 2) besteht aus fünf Wehrfeldern zu je 24 m Lichtweite und hat eine Gesamtlänge von 148 m. Jeder der fünf Segmentverschlüsse ist 24 m lang und hat eine Stauwandhöhe von 6,90 m. Die Oberkante des Segmentverschlusses ist als Überfallhaube ausgebildet. Für den Winterbetrieb sind die Seitendichtungen mit elektrischer Widerstandsheizung und die Sohlschwellen mit einer Druckluftenteisungsanlage ausgerüstet. Die Bewegung der Segmentverschlüsse erfolgt durch ölhydraulische Antriebe (Bild 3), deren Aggregate und Steuereinrichtungen auf den Wehrwiderlagern installiert sind.

[1]) Stahlbauausführung: Vöest-Alpine AG, Linz.

Dem Einlaufbauwerk vorgelagert ist eine als Steindamm mit trapezförmigem Querschnitt ausgeführte, 645 m lange Geschiebeleitschwelle, die auch bei voller Freigabe aller Wehröffnungen das Eindringen von Geschiebe in das Entlastungsgerinne verhindert.

1.1.3 Wehranlage Nussdorf

Bei Nussdorf zweigt ein alter Seitenarm, der heutige Donaukanal, vom Hauptstrom ab. Bereits im Jahre 1872 wurde hier zum Schutze der angrenzenden Stadtteile Wiens ein Sperrwerk in Form eines Schwimmtores angelegt. Später, als der rechtsuferige Donauseitenarm für die Schiffahrt ausgebaut und eine Schleuse angelegt wurde, hat man 100 m unterhalb des Schwimmtores ein regulierfähiges Brückenwehr (Nadelwehr) mit 40 m Lichtweite errichtet. Eine den heutigen Erfordernissen entsprechende Neugestaltung dieser Wehranlage wurde in die vom Magistrat Wien getroffenen Baumassnahmen zum Donauhochwasserschutz einbezogen.

Das neue Wehr hat folgende Funktionen zu erfüllen: es dient zum Wasserdurchlass in den Donaukanal, als Schiff-

Bild 4. Unterwasserseitige Ansicht des Segmentwehres Nussdorf

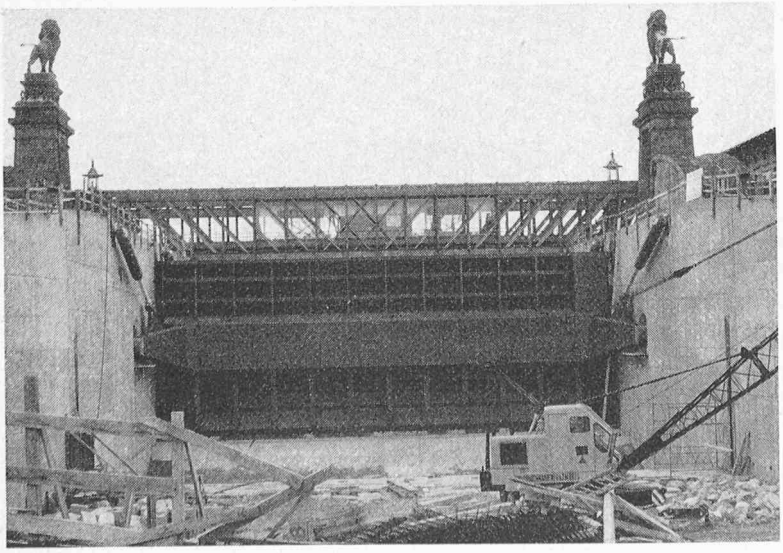
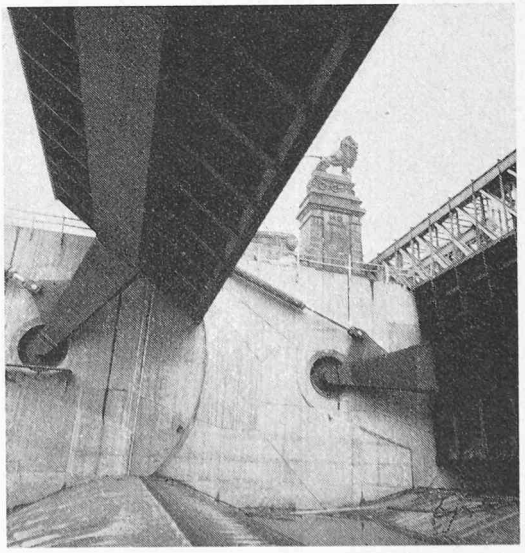


Bild 5. Segmentstützlager und Hubzylinder mit Anlenkungen am Nussdorfer Wehr



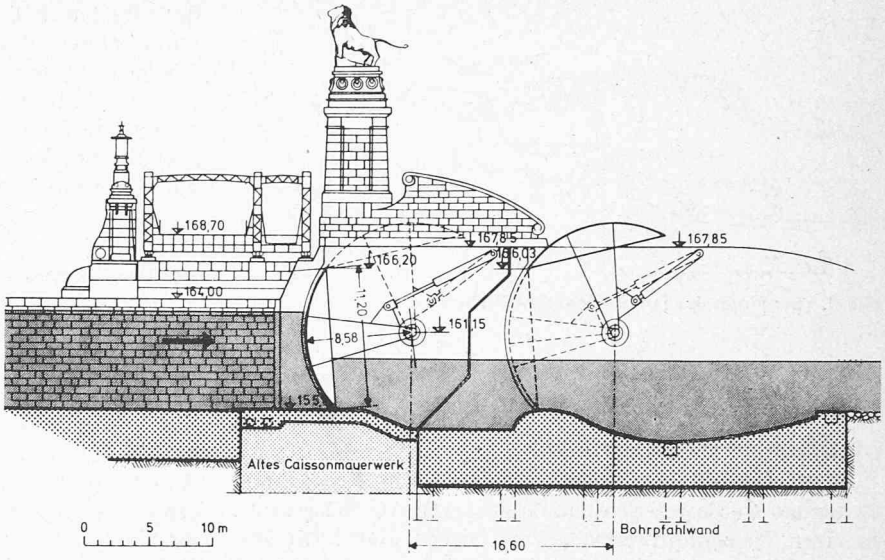


Bild 6. Längsschnitt durch die Wehranlage Nussdorf

fahrtsöffnung und als Hochwasserschutzbauwerk. Das Wehr ist einfeldrig mit einer Lichtweite von 30 m ausgeführt. Es hat jedoch aus Sicherheitsgründen zwei mit einem Achsabstand von 16,60 m hintereinander angeordnete Segmentverschlüsse[2]). Jeder Verschlusskörper (Bild 4) ist 30 m lang und hat eine Stauwandhöhe von 11,20 m. Seine Seitendichtungen sind für einen allfälligen Winterbetrieb beheizbar. Die Bewegung der Verschlüsse erfolgt ölhydraulisch (Bild 5).

Bis zu einem Donauwasserspiegel von 160 m über NN bleiben die Segmentverschlüsse offen, so dass der Schiffahrtsbetrieb ohne Schleusung möglich ist. Erst bei Überschreitung dieses Wasserstandes wird das Wehr geschlossen und zwar so, dass eine Wassermenge von 100 bis 200 m^3/s in den Donaukanal einströmt. Beim Projekt des Nussdorfer Wehres wurde sichergestellt, dass der einzigartige architektonische Bestand der vorhandenen Anlage, vor allem die beiden Löwenpylonen (Bild 6) und die Wehrbrücke, erhalten blieb [2].

1.2 Nordsee-Sperrwerk Stör

Die schwere Sturmflut im Februar des Jahres 1962 hat eine Reihe von Massnahmen zum Schutze der deutschen Nordseeküste ausgelöst. Das Projekt Stör-Sperrwerk bildet einen integrierenden Bestandteil des *Generalplanes Deichverstärkung, Deichverlängerung und Küstenschutz in Schleswig-Holstein,* der vom Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten aufgestellt wurde. Seine Durchführung wurde nach einem zwischen dem Land Schleswig-Holstein und dem Bund geschlossenen Vertrag dem Wasser- und Schiffahrtsamt Glückstadt übertragen.

Die Aufgabe des Stör-Sperrwerkes besteht darin, in Verbindung mit einem 3 km langen Elbdeich die Störmündung sturmflutsicher abzudämmen und etwa 30000 ha Land zu schützen. Im übrigen soll aber das Sperrwerk den normalen Tideverlauf nicht beeinträchtigen und den ungehinderten Ablauf des Schiffsverkehres sicherstellen.

Das Sperrwerk (Bild 8) überspannt die Störmündung in einer Länge von 158 m. Es besteht aus zwei Schiffahrtsöffnungen mit je 22 m Lichtweite und zwei Seitenöffnungen mit je 43 m Lichtweite zwischen insgesamt fünf Betonpfeilern. Da der Baugrund aus einer bis zu 14 m tief reichenden Kleischicht besteht, mussten die drei mittleren Pfeiler mit den Sohlplatten auf insgesamt 670 Frankipfählen und die beiden Randpfeiler auf insgesamt 90 Stahlpfählen gegründet werden [3]. Die beiden in Flussmitte gelegenen Schiffahrtsöffnungen werden durch je zwei hintereinander angeordnete Stemmtorpaare in Riegelbauweise geschlossen. In den beiden Seitenöffnungen sind je zwei Segmentverschlüsse[3]) mit 43 m Länge und 13 m Stauwandhöhe angeordnet (Bild 7). Über das Sperrwerk führt eine Bundesstrasse mit festen Stahlbrücken über den Seitenöffnungen und Rollklappbrücken über den Schiffahrtsöffnungen. Der gesamte Betrieb des Sperrwerkes wird von einem zentralen Steuerpult im Betriebsstand auf dem Mittelpfeiler gesteuert. Für alle Bewegungsvorgänge sind ölhydraulische Antriebe vorgesehen.

[2]) Hersteller: Zschokke-Wartmann AG, Brugg.

[3]) Hersteller: Krupp Industrie- und Stahlbau, Rheinhausen.

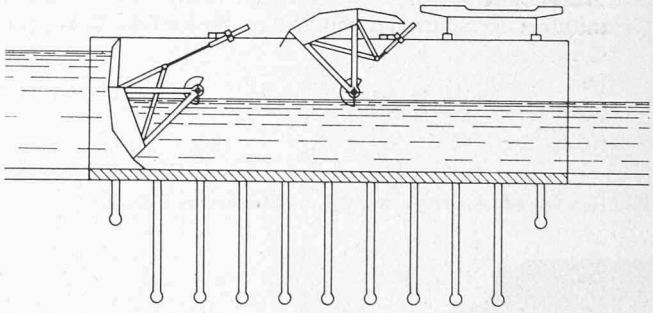
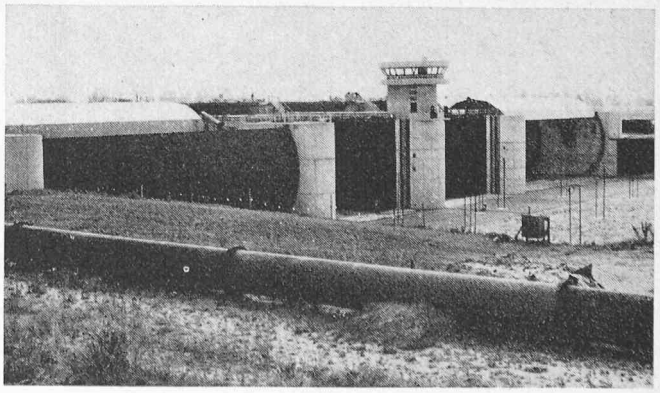


Bild 7. Längsschnitt durch eine Seitenöffnung des Stör-Sperrwerkes mit Anordnung der Segmentverschlüsse

Bild 8. Elbseitige Ansicht des Stör-Sperrwerkes vor dem Fluten der Baugrube



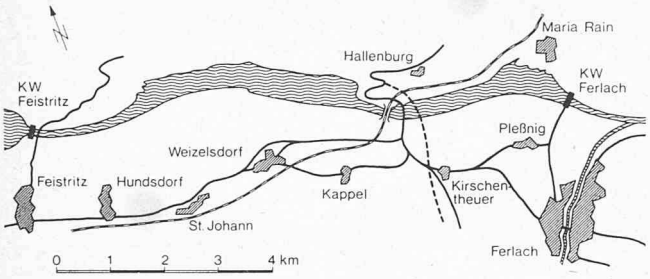


Bild 9. Stauraum des Draukraftwerkes Ferlach

2. Stauanlagen an Wasserkraftwerken

2.1 Draukraftwerk Ferlach/Kärnten

Die mittlere und untere Drau zwischen Rosegg und Lavamünd wurde von den Draukraftwerken AG, Klagenfurt, zu einer Wasserkraftwerkkette mit sieben Staustufen ausgebaut. Mit den teils fertiggestellten und den zum Teil noch im Bau befindlichen Anlagen wird auf einer Flusslänge von 90 km das natürliche Gefälle der Drau von etwa 135 m zur Gewinnung elektrischer Energie genutzt. Das neueste, im Frühjahr 1974 in Betrieb genommene Wasserkraftwerk liegt bei Ferlach in Kärnten, in den nördlichen Tallagen der Karawanken (Bild 9). Es ist für eine maximale Turbinenleistung von 43 MW bemessen. Von dem in 11 km Entfernung vorgelagerten Kraftwerk Feistritz-Ludmannsdorf bis nach Ferlach beträgt das Flussgefälle 20,8 m. Bei Vollstau, bezogen auf 437,8 m über NN, ergibt sich am Wehr eine Gesamtstauhöhe von 16,7 m; der dabei gebildete Stauraum erstreckt sich bis annähernd 8 km flussaufwärts [4].

Das Stauwerk hat drei Wehrfelder (Bild 10) mit je 15 m Lichtweite. Als Verschlusskörper wurden Segmentschütze[4]) mit Aufsatzklappen vorgesehen. Die Stauwandhöhe des Segmentverschlusses beträgt 12,5 m. Zusammen mit der Höhe der Aufsatzklappe von 4,4 m ergibt sich eine maximale Gesamthöhe der Stauwand von 16,9 m. Sowohl die Bewegung der Verschlüsse als auch das Schwenken der Aufsatzklappen erfolgt mittels ölhydraulischer Antriebe. Die Anordnung des Klappen-Plungerzylinders ist in Bild 11 dargestellt. Die Wehranlage ist so bemessen, dass sowohl das grösstmögliche Hochwasser von 3300 m^3/s bei Öffnung aller drei Wehrfelder, als auch das hundertjährige Hochwasser von 2300 m^3/s sogar bei nur zwei verfügbaren Wehrfeldern schadlos abgeführt werden kann [5].

[4]) Hersteller: Vöest-Alpine AG, Linz.

2.2 Donaukraftwerk Altenwörth

Das natürliche Flussgefälle der Donau zwischen Passau und Wien, das etwa 150 m beträgt, wird bereits durch fünf Wasserkraftwerke zur Stromerzeugung genutzt. Rund 6,12 Mrd kWh werden jährlich durch die Kraftwerke Jochenstein, Ybbs-Persenbeug, Aschach, Wallsee-Mitterkirchen und Ottensheim-Wilhering in das Verbundnetz eingespeist, was einem Anteil von 24,5% an der österreichischen Gesamtenergieerzeugung entspricht. Als sechstes und zugleich grösstes von insgesamt 11 österreichischen Wasserkraftwerken in der Donaukette errichtet die Österreichische Donaukraftwerke AG, Wien, das Kraftwerk Altenwörth.

Der Stauraum des etwa 20 km oberhalb Tulln gelegenen Kraftwerkes reicht bis über Krems hinaus in die Wachau. Mit seiner hohen Wasserführung und der verhältnismässig grossen Fallhöhe von rund 16 m wird das Kraftwerk Altenwörth zur grössten Donaustufe auf österreichischem Gebiet. Es wird nach seiner Fertigstellung mit einer elektrischen Leistung von 330 MW mehr als 1,95 Mrd kWh/Jahr erzeugen und damit das stärkste Kraftwerk der österreichischen Donaustrecke sein. Das Stauwerk (Bilder 12 und 14) hat sechs Wehrfelder mit je 24 m Lichtweite, in denen Segmentverschlüsse[5]) mit Aufsatzklappen angeordnet sind. Mit einer Stauwandhöhe der Segmentverschlüsse von 11 m und der Klappenhöhe von 4,5 m wird eine Gesamtstauhöhe am Wehr von 15,5 m erzielt. Das Bewegen der Verschlüsse und Aufsatzklappen erfolgt, wie bei allen vorher beschriebenen Anlagen, durch Ölhydraulik. Die Inbetriebnahme des Kraftwerkes ist für Mitte 1976 vorgesehen.

[5]) Stahlbauausführung: Arbeitsgemeinschaft Krupp, Rheinhausen, Rheinstahl, Dortmund, Vöest-Alpine, Linz, und Waagner-Biro AG, Wien.

Bild 10. Oberwasserseitige Ansicht des Stauwerkes Ferlach

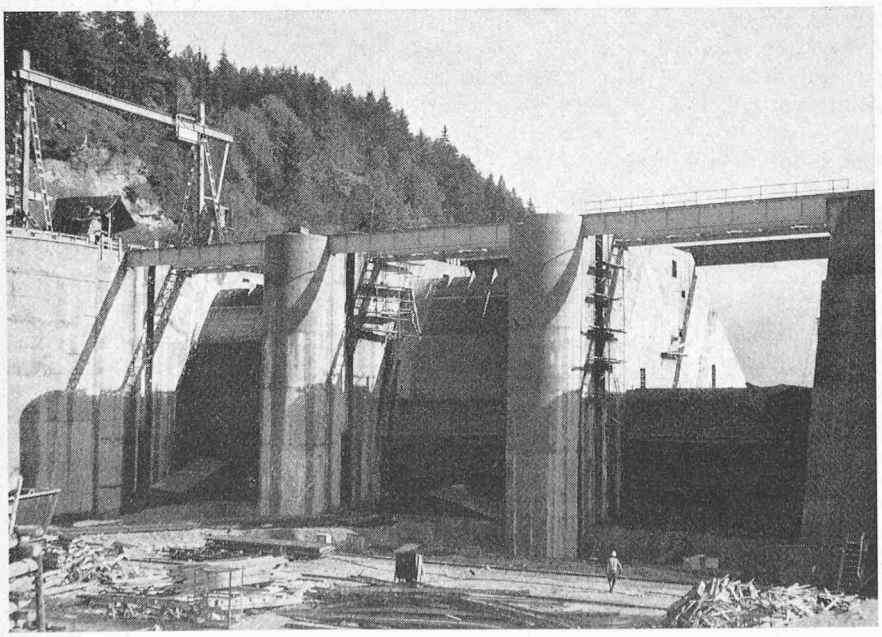
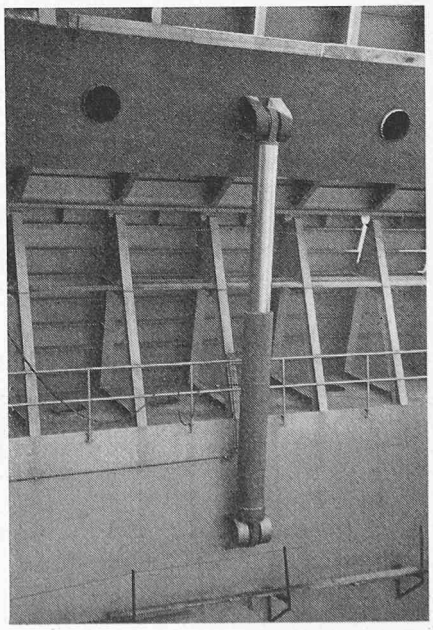


Bild 11. Klappen-Plungerzylinder in montiertem Zustand



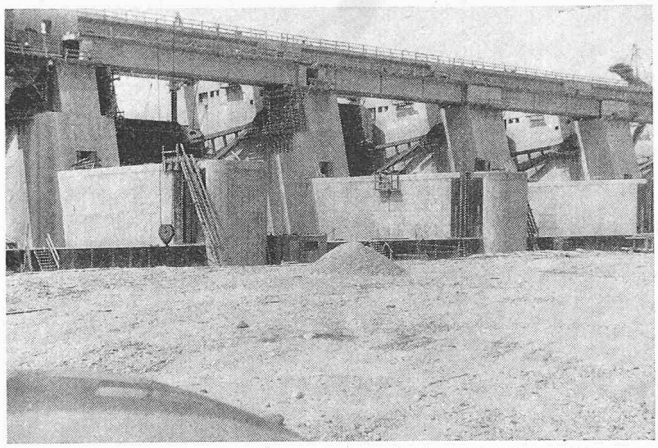


Bild 12. Unterwasserseitige Teilansicht des Stauwerkes Altenwörth

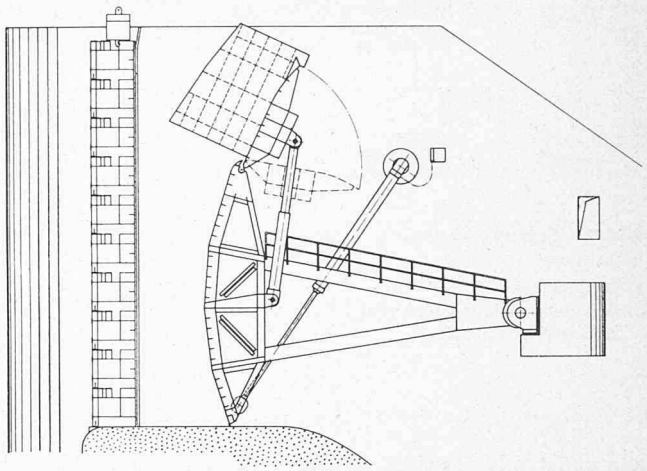


Bild 13. Segmentverschluss mit Aufsetzklappe des Stauwehres Ferlach

3. Die Verschlüsse und ihre Lagerungen

3.1 Gestaltung der Verschlusskörper

Der konstruktive Aufbau eines Segmentverschlusses ist unkompliziert. Der Verschlusskörper besteht aus einer gekrümmten Stauwand, die auf ihrer Innenseite durch horizontale Riegel und vertikale Spanten versteift, und in der Regel noch zusätzlich durch eine geschweisste Tragkastenkonstruktion verdrehstarr ausgebildet ist. Die beiden Segmentstützarme sind, im Grundriss gesehen, nach aussen hin gegrätscht angeordnet. Durch diese schräge Anordnung wird die Biegelänge des Verschlusses verkürzt und zudem erreicht, dass im Stützarmanschlusspunkt geringere Verformungen und damit im Stützarm selbst kleinere Biegemomente auftreten können. Die augenförmig ausgebildeten Enden der Stützarme werden in Stützlagern aufgenommen, die auf den aus den Wehrpfeilern herausragenden, armierten Betonkonsolen oder Stahlkonsolen sitzen. Beim sogenannten «Drucksegment mit Klappe» (Bild 13) weist die mit dem Verschlusskörper durch Scharniere drehbeweglich verbundene Aufsatzklappe ebenfalls entsprechende Aussteifungen ihrer Stauwand auf.

Die Bewegung des Segmentverschlusses erfolgt durch beidseitig im Pfeiler drehbeweglich verankerte Hubzylinder. Das Schwenken der Aufsatzklappe wird durch einen oder mehrere, mit Anlenkung in Tragkastenmitte angeordneten Plungerzylindern, ausgeführt.

Alle auf den Verschlusskörper wirkenden Belastungen werden durch die Segmentstützarme auf die Stützlager und von diesen auf die Pfeiler übertragen. Für die Bemessung der Stahlwasserbaukonstruktionen sind die Belastungsmerkmale nach DIN 19704 «Berechnungsgrundlagen für Stahlwasserbau» massgebend. Man unterscheidet zwischen dem «Normalbetriebsfall» (NB) und dem «Besonderen Betriebsfall» (BB). Mit dem NB werden die sich aus dem Normalstau ergebenden Kräfte erfasst, wobei gegebenenfalls auch jene Kraftkomponenten einzubeziehen sind, die von Bewuchs, Verschmutzung

Bild 14. Gesamtansicht der Baustelle Altenwörth

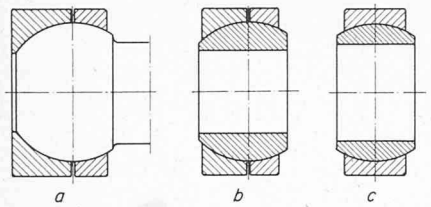


Bild 15. Segmentstützlager, Gelenklager-Bauformen:
a) Zapfenlager
b) Asymmetrisches Gelenklager
c) Standard-Gelenklager

und anhaftendem Eis am Verschluss herrühren. Der «Besondere Betriebsfall» berücksichtigt vorübergehende Extremzustände, wie sie beispielsweise durch höhere Wasserstände, Festfrieren und durch starken Eisgang oder Schiffsstoss ausgelöst werden können.

3.2 Segmentstützlagerungen

An die Stützlagerungen von Segmentverschlüssen werden grundsätzlich hohe Anforderungen gestellt. Sie müssen imstande sein, Achsversätze, temperaturbedingte Längenänderungen, elastische Verformungen der Verschlusskörperbauteile und durch Setzvorgänge verursachte Pfeilerneigung auszugleichen. Die optimale Lösung dieser Aufgaben ist praktisch nur durch die Anwendung eines räumlich einstellbaren, verzwängungsfrei arbeitenden Lagers möglich. Das Gelenklager erfüllt diese Forderungen in vollem Umfang; es bietet zudem die Möglichkeit einer wirtschaftlich günstigen Bemessung.

Gegen Ende der sechziger Jahre wurden Gelenklager erstmals in kleineren Segmentwehren eingebaut. Bereits die Erstanwendung erwies sich als Bewährungsfall für das Gelenklager: eine nach mehrmonatigem Wehrbetrieb festgestellte Pfeilerneigung infolge Setzens hatte keinerlei negative Auswirkungen auf die Funktionsfähigkeit des Verschlusses. Seither hat sich das Gelenklager als Stützlager für Segmentverschlüsse in zunehmendem Masse eingeführt.

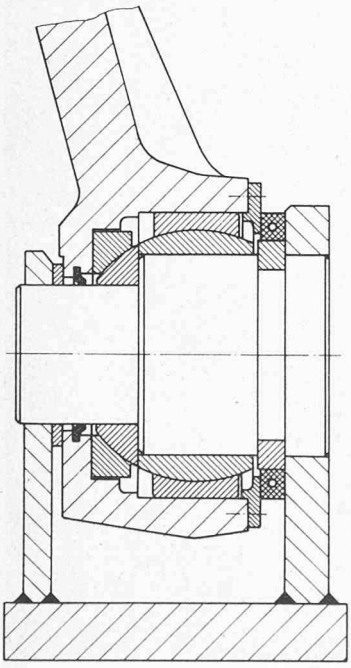
3.3 Stützlager-Bauformen

Bemessung und konstruktive Gestaltung der Gelenklager sind weitgehend abhängig von Grösse und Wirkungsrichtung der im jeweiligen Fall auftretenden Belastung. Die Bemessung des Lagers richtet sich nach der für die sphärischen Gleitflächen zulässigen spezifischen Pressung. Grosse axiale Lastkomponenten, die u. a. durch starke Schrägung der Stützarme entstehen können, machen mitunter eine asymmetrische Form des Gelenklagers erforderlich. Dabei kommt sowohl die Bauart des Zapfenlagers (Bild 15a) als auch die des Bohrungslagers (Bild 15b) zur Ausführung. Axialbelastungen, die nicht grösser sind als 10% der gleichzeitig wirkenden Radiallast können ohne zusätzlichen konstruktiven Aufwand von einem Gelenklager der Standardbaureihe (Bild 15c) aufgenommen werden.

Durch die in den letzten Jahren erfolgte Erweiterung und Ergänzung des Gelenklager-Fertigungsprogramms ist es innerhalb eines bestimmten Durchmesserbereiches möglich, auch Lagerungsfälle mit kombinierter Belastungsart durch die Anordnung entsprechender Standard-Gelenklager optimal zu lösen. Bei dem in Bild 16 gezeigten Einbaubeispiel eines Segmentstützlagers wird die Radiallast von einem Radialgelenklager und die axiale Lastkomponente von einem Axialgelenklager [6] aufgenommen. Da hierbei die Kugelmittelpunkte beider Lager zusammenfallen, können sowohl Dreh- als auch Kippbewegungen ausgeführt werden.

3.4 Ausführungsbeispiele

Bereits bei den Projektierungsarbeiten zum *Nussdorfer Wehr* wurden die Vorteile einer räumlich einstellbaren Lagerung mit sphärischen Gleitflächen erkannt und konstruktiv genutzt. Die Werkstoffwahl für die Gleitpaarung des Lagers stellte einen für die Betriebssicherheit der Anlage sehr wesentlichen Faktor dar. Als Ergebnis der Entwicklungsarbeiten entstand ein Zapfenlager (Bild 17) in der Gleitpaarung Stahl/Bronze. Auf das konische Ende des unmittelbar im Randpfeiler verankerten Tragzapfens ist der Gelenklager-Innenring aus gehärtetem und geschliffenem Wälzlagerstahl aufgezogen und in dieser Position durch eine zentrale Anstellschraube verspannt. Der mit einem Kugeldurchmesser von 650 mm ausgeführte Gelenklager-Innenring hat auf seiner sphärischen Gleitfläche eine korrosionsverhindernde Hartchromschicht.



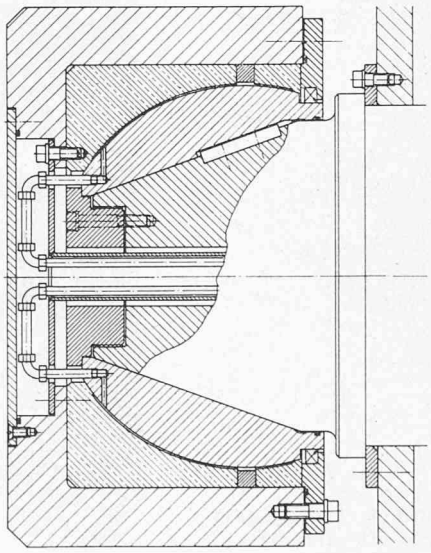


Bild 16 (links). Gelenklagerung für kombinierte Belastung

Bild 17 (rechts). Segmentstützlager des Wehres Nussdorf

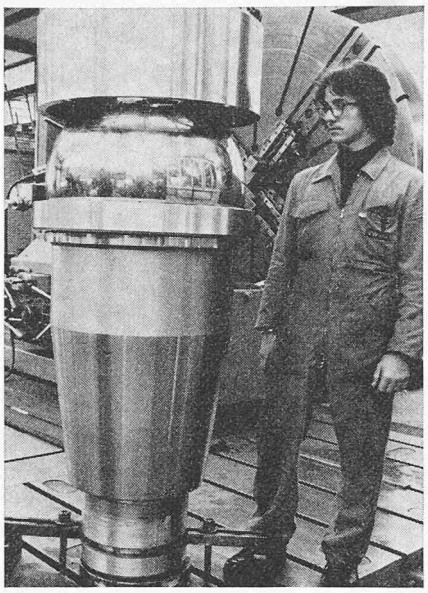


Bild 18. Zapfenlager bei der Vormontage

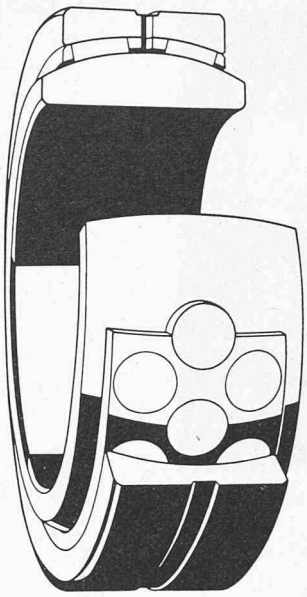


Bild 19. Wartungfreies Gross-Gelenklager mit käfiggefassten Gleitplatten

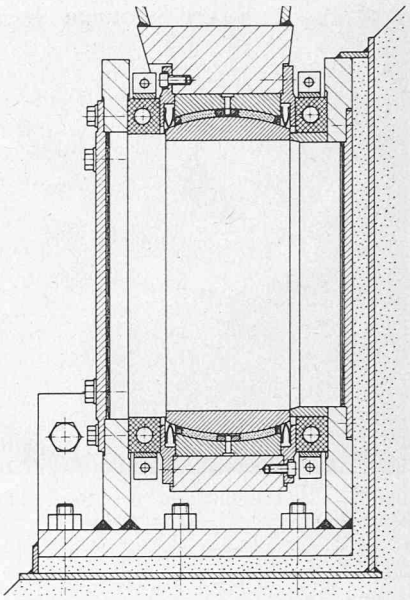
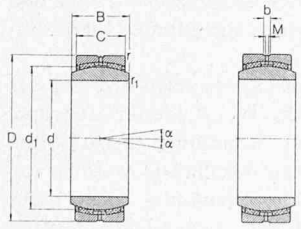


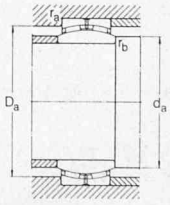
Bild 20. Segmentstützlager des Einlaufbauwerkes Langenzersdorf, Lagerungsanordnung

Er wird umschlossen von einem zweiteiligen Bronze-Aussenring, der mit festem Sitz in der Bohrung des Stützarmkopfes aufgenommen wird, und dessen hohlkugelige Gleitflächen mit Schmiernuten versehen sind. Durch die zentrale Bohrung des Tragzapfens wird das Schmiermittel über Rohrleitungen an die in der Stirnfläche des Gelenklager-Innenringes vorgesehenen Schmierlöcher herangeführt und von dort aus an die Gleitflächen weitergeleitet. Das Schmiersystem ist mit dem ölhydraulischen Antrieb des Segmentverschlusses gekoppelt. Bei Einschalten des Segment-Hubzylinders beginnt die Schmiermittelpumpe automatisch mit der Förderung des Drucköles in die Schmiernuten der Gleitflächen. Die Lagerung ist mit einem Radial-Wellendichtring und mehreren O-Ringen abgedichtet. Bild 18 zeigt das Zapfenlager bei der Vormontage. Das Bild zeigt die Grössenverhältnisse dieser Lagerung.

Die bereits seit längerer Zeit erkennbare Tendenz zu wartungsfreien Lagerungen fand auch in der Gelenklagertechnik ihren Niederschlag. Infolge zügiger Entwicklungen auf dem Gebiete der selbstschmierenden Kunststoffe stehen heute Lagerwerkstoffe zur Verfügung, die sich durch hervorragende Gleiteigenschaften auszeichnen. Kunststoffe dieser Art, insbesondere die verschiedenen PTFE-Verbindungen, eignen sich bestens für die Aufnahme hoher spezifischer Pressungen bei stick-slip-freiem Gleitverhalten. Ihre Biegeempfindlichkeit setzt jedoch gewisse konstruktive Massnahmen bei der Lagergestaltung voraus. Bei den für die Anwendung im Schwermaschinen- und Stahlbau entwickelten Gross-Gelenklagern ist dies berücksichtigt. Das konstruktive Merkmal dieser Gross-Gelenklager [7] besteht darin, dass die Aussenring-Gleitschicht aus vielen kreisrunden, sphärisch gewölbten Gleit-

Tabelle 1. Standardreihe der Gross-Gelenklager





Abmessungen (mm)									Kipp-winkel	Tragzahlen		Ge-wicht	Kurzzeichen	Anschlussmasse (mm)						
d	d_1	D	B	C	b	M	r	r_1	α (°)	dyn. C (N)	stat. C_0 (N)	(kg)		d	d_a min	d_a max	D_a max	D_a min	r_a max	r_b max
360	420	480	160	135	14	7	4	2	3	1 760 000	2 850 000	81	**GEC 360 FSA**	**360**	374	388	466	398	2,5	1
400	470	540	190	160	15	8	5	2,5	3	2 600 000	4 150 000	125	**GEC 400 FSA**	**400**	418	429	522	442	3	1,5
440	520	600	218	185	15	8	5	2,5	3	3 200 000	5 200 000	180	**GEC 440 FSA**	**440**	458	472	582	487	3	1,5
500	585	670	230	195	20	10	6	3	3	3 800 000	6 100 000	230	**GEC 500 FSA**	**500**	522	537	648	552	4	2
560	655	750	258	215	20	10	6	3	3	4 900 000	7 650 000	320	**GEC 560 FSA**	**560**	582	602	728	619	4	2
600	700	800	272	230	20	10	6	3	3	5 600 000	8 800 000	390	**GEC 600 FSA**	**600**	622	644	778	662	4	2
630	740	850	300	260	20	10	8	4	2,5	6 800 000	10 800 000	505	**GEC 630 FSA**	**630**	658	676	822	693	5	2,5
670	785	900	308	260	20	10	8	4	3	6 950 000	11 200 000	570	**GEC 670 FSA**	**670**	698	722	872	741	5	2,5
800	930	1060	355	300	20	10	8	4	3	9 650 000	15 600 000	885	**GEC 800 FSA**	**800**	828	859	1032	881	5	2,5
850	985	1120	365	310	20	10	8	4	2,5	10 800 000	17 600 000	1000	**GEC 850 FSA**	**850**	878	914	1092	935	5	2,5
900	1040	1180	375	320	20	10	8	4	2,5	12 000 000	19 300 000	1150	**GEC 900 FSA**	**900**	928	970	1152	990	5	2,5
950	1100	1250	400	340	20	10	10	5	2,5	13 200 000	21 200 000	1400	**GEC 950 FSA**	**950**	986	1024	1214	1047	6	3
1000	1160	1320	438	370	20	10	10	5	3	15 300 000	24 500 000	1700	**GEC 1000 FSA**	**1000**	1036	1074	1284	1100	6	3

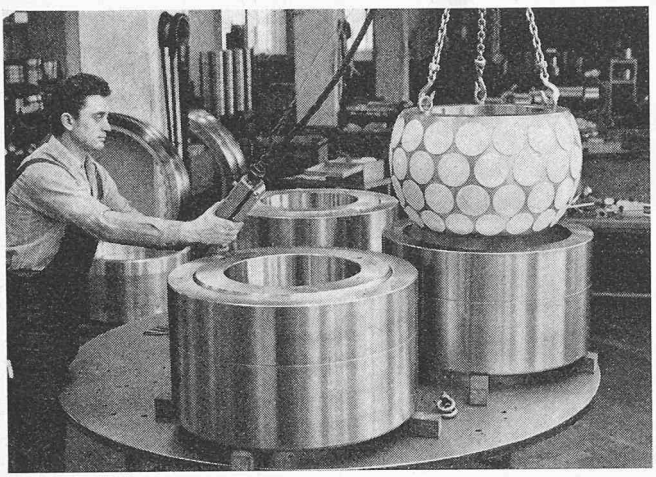


Bild 21. Segmentstützlager des Nordsee-Sperrwerkes Stör bei der Montage

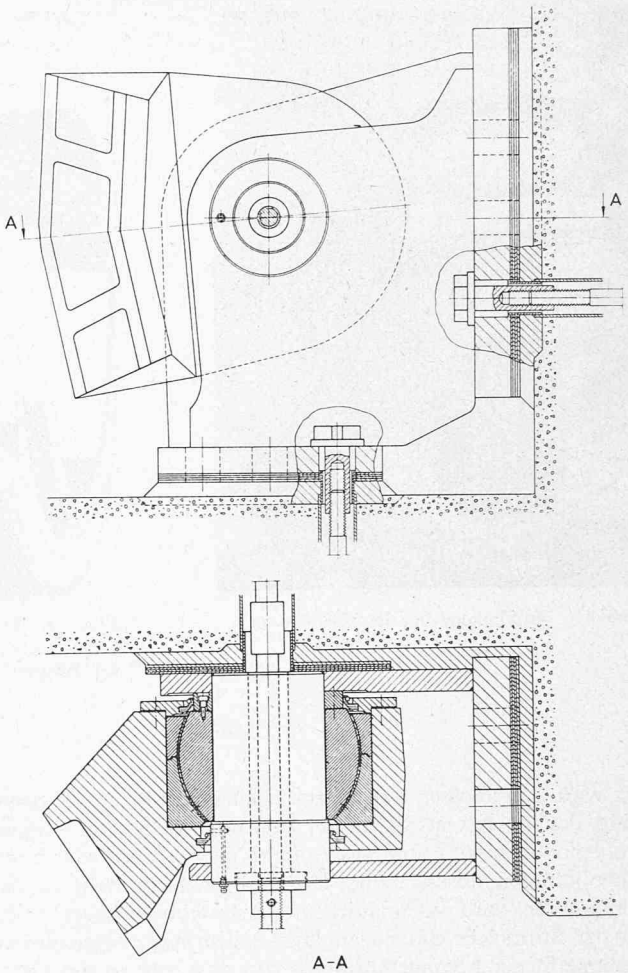


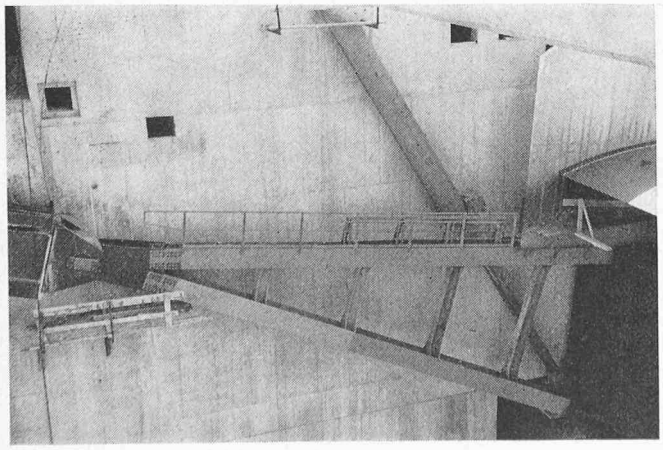
Bild 22. Anordnung der Stützlagerung des Sperrwerkes Stör

platten besteht, die in einem Stahlkäfig gefasst sind (Bild 19). Der Stahlkäfig ist mit dem Aussenring verschweisst, so dass die Gleitbewegungen zwischen dem Innenring und den aus glasfaserverstärktem PTFE-haltigem Polyamid bestehenden Gleitplatten stattfindet. Der Innenring ist aus Wälzlagerstahl gefertigt, gehärtet und geschliffen. Die sphärische Gleitfläche ist poliert und chemisch vernickelt. Der Aussenring wird aus Stahl C35 gefertigt und vergütet. Gross-Gelenklager dieser Art sind wartungsfrei. Eine Schmierung ist nicht erforderlich. Lediglich aus Gründen des Korrosionsschutzes empfiehlt es sich, die Lager mit Öl oder einem Lithiumseifenfett zu schmieren. Der Aussenring ist zu diesem Zweck mit Schmierlöchern und einer Umfangsnut versehen.

Die in Tabelle 1 aufgeführte Gross-Gelenklagerreihe[6]) umfasst einen Bohrungsdurchmesserbereich von 360 bis 1000 mm. Die dynamische Tragzahl C entspricht einer Flächenpressung im Lager von $p = 50$ N/mm², die statische Tragzahl Co entspricht $p = 80$ N/mm². Bei Segmentstützlagern wird im Hinblick auf deren geringe Bewegungshäufigkeit eine Flächenpressung bis zu $p = 65$ N/mm² für den Normalbelastungsfall (NBF) zugelassen. In den Stützlagern der Segmentverschlüsse von *Langenzersdorf* (Bild 20) und *Ferlach* wurden Gross-Gelenklager in den Standardabmessungen nach Tabelle 1 verwendet. Als Gleitplattenwerkstoff wurde hier anstelle des PTFE-haltigen Polyamids eine gefrittete Bronze mit Festschmierstoffen vorgesehen. Der Aussenring des in Bild 20 dargestellten Gross-Gelenklagers ist in der mit der Toleranz H7 gefertigten Gehäusebohrung durch Anstellflansche axial festgelegt.

[6]) Hersteller: SKF Kugellagerfabriken GmbH, Schweinfurt.

Bild 23. Segmentstützlager mit Stützarm des Stauwerkes Altenwörth



Der Innenring auf dem mit k6 tolerierten, 500 mm dicken Tragbolzen ist auf der einen Seite durch eine Schulter und auf der anderen durch eine Distanzhülse fixiert. Der mit Lithiumseifenfett gefüllte Lagerraum ist innen durch zwei V-Ringe und aussen durch zwei mit Spannbändern vorgespannte Hohlprofil-Gummidichtringe abgedichtet.

Bei den Stützlagern des *Nordsee-Sperrwerkes Stör* [8] war es wegen der grossen Lichtweiten der Wehrfelder erforderlich, die Segmentstützarme mit starker Schrägung auszuführen. Die sich dadurch ergebenden grossen Axialkräfte konnten mit einem Gross-Gelenklager der Normalbaureihe nicht mehr beherrscht werden. Entsprechend der vorhandenen Kräfteverteilung wurde das Gelenklager asymmetrisch, mit erhöhtem axialem Traganteil konstruiert (Bild 21). Der Lochkäfig mit den Kunststoff-Gleitplatten ist mit dem Innenring verschweisst und der Aussenring aus Montagegründen zweiteilig ausgeführt. Die Gleitbewegung findet demnach zwischen den aus dem Käfig hervorstehenden Gleitplatten und der durch eine Hartchromschicht gegen Korrosion geschützten Hohlkugelfläche des Aussenringes statt. Die beiden Aussenringhälften werden bei der Montage zwischen Gehäuseschulter und Abschlussdeckel verspannt (Bild 22). Der Lagersitz auf dem 420 mm dicken Tragbolzen ist nach h6, in der Gehäusebohrung nach H7 bearbeitet. Die Abdichtung des mit Lithiumseifenfett gefüllten Lagerraumes erfolgt durch zwei radial vorgespannte

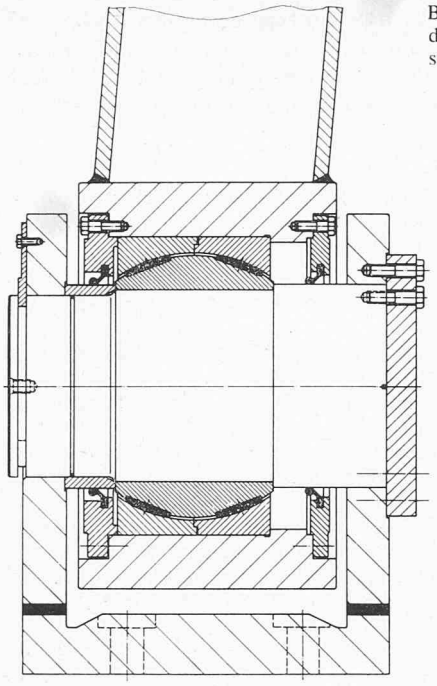


Bild 24. Querschnitt durch die Segmentstützlagerung

Lippendichtungen. Von Zeit zu Zeit wird die Fettfüllung durch Nachschmieren aufgefrischt.

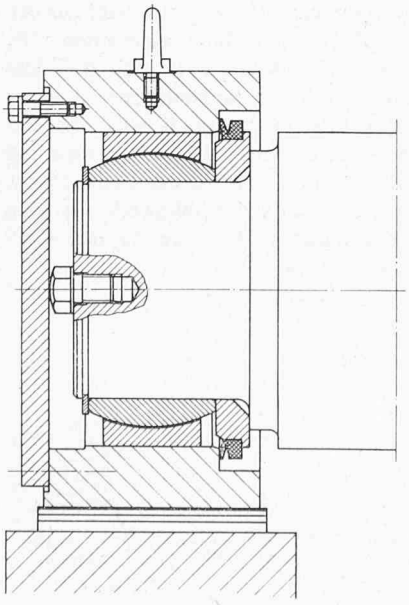
Oft zwingt die konstruktive Ausnutzung begrenzter räumlicher Verhältnisse zu gedrängter Lagerbauweise. Die Grösse der Gelenklagerbohrung wird in derartigen Fällen durch die Biegefestigkeit des Tragbolzens bestimmt. Um eine ausreichend grosse tragende Gleitfläche zu erhalten, muss das Gelenklager mit entsprechend grösserer Breite konstruiert werden. Da die Anwendung des bei Gross-Gelenklagern der Standardreihe üblichen Lochkäfigs jedoch nur bis zu einem bestimmten Verhältnis Kugeldurchmesser/Lagerbreite möglich ist, werden die Gleitplatten bei Gelenklagern der Kompaktbauweise in kreisrunde Ausfräsungen der Innenring-Kugelfläche eingesetzt und durch Verstemmen befestigt. Ein Anwendungsbeispiel für diesen Lagerungstyp bilden die Segmentstützlager des Kraftwerkes *Altenwörth*. Die in den Bildern 23 und 24 dargestellte Lagerungsanordnung unterscheidet sich im Prinzip nicht wesentlich von der vorher beschriebenen Segmentstützlagerung des Stör-Sperrwerkes. Das Gross-Gelenklager hat die Hauptabmessungen 530 × 820 × 430 mm. Der Innenring ist auf dem nach f6 gefertigten Tragbolzen zwischen Bolzenschulter und Distanzhülse axial festgelegt. Die Fixierung des geteilten Aussenringes in der nach H8 gefertigten Gehäusebohrung erfolgt durch axiale Verspannung zwischen Schulter und Anstellflansch. Der mit Lithiumseifenfett gefüllte Lagerraum wird durch zwei Lippendichtringe abgedichtet.

4. Die ölhydraulischen Antriebe

Wie bereits mehrfach erwähnt, werden für die Bewegungen der Segmentverschlüsse und Aufsatzklappen ölhydraulische Antriebe verwendet. Diese haben gegenüber den klassischen elektromechanisch betriebenen Kettenwindwerken den Vorteil der grösseren Wirtschaftlichkeit. So entfällt zum Beispiel die Notwendigkeit, auf der Wehrbrücke die sonst üblichen Maschinengebäude zu errichten. Denn die ölhydraulischen Antriebsaggregate lassen sich ohne besonderen baulichen Aufwand in den Wehrwiderlagern unterbringen. Die Antriebseinheiten, bestehend aus Elektromotor und Ölpumpe, erzeugen in der Regel Höchstdrücke bis etwa 250 bar und arbeiten im Normalfall bei Betriebsdrücken von 110 bis 160 bar.

Die Anlenkungen der Segment-Hubzylinder und beim Drucksegment mit Klappe auch die der Klappen-Plungerzylinder sind mit wartungsfreien Gelenklagern ausgerüstet (siehe Bilder 3, 5 und 11). Die Anordnung von momentenfrei einstellbaren Gelenklagern in den Lagerungen des Stangenkopfes und des Zylinderbodens ist unabdingbar, wenn man die Kolbenstange keiner Biegebeanspruchung aussetzen und ein sich daraus ergebendes Leckwerden der Dichtungen vermeiden will.

Für die Ausrüstung der Zylinder werden meist wartungsfreie Gelenklager[6]) der Standardbaureihen verwendet, in deren hohlkugeligen Aussenring-Gleitflächen entweder Gleitsegmente aus PTFE-Verbundwerkstoff oder eine Gleitschicht aus PTFE-Glasfasergewebe angeordnet sind. Gelenklager der letztgenannten Ausführung werden auch bei den Klappen-Plungerzylindern der Segmentverschlüsse von *Altenwörth* vorgesehen. In Bild 25 ist die Lagerung des Kolbenstangenanschlusses und in Bild 26 das Schwenklager am Klappen-Plungerzylinder dargestellt. Die Lagerung nach Bild 25 ist als



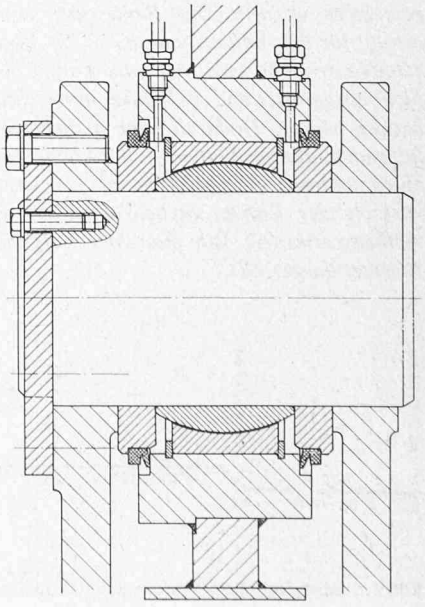


Bild 25 (links). Kolbenstangenanschluss zum Klappen-Plungerzylinder

Bild 26 (rechts). Schwenklager des Klappen-Plungerzylinders

Loslagerung mit axialer Einstellmöglichkeit am Aussenring des Gelenklagers ausgebildet, während die in Bild 26 gezeigte Anordnung ein Festlager darstellt, bei welchem Innen- und Aussenring des Gelenklagers axial festgelegt sind. Als Dichtungselemente sind Forsheda-V-Ringe vorgesehen, deren axial wirkende Dichtlippen sich unter dem Abschmierdruck abheben und das verbrauchte Schmiermittel nach aussen treten lassen. Obwohl die Zylinder-Gelenklager wartungsfrei arbeiten, wird hier, wie bei den Gross-Gelenklagern, der Lagerungsraum mit einer Füllung Lithiumseifenfett versehen, um korrosive Einflüsse auszuschliessen.

5. Zusammenfassung

Stauwerke haben wichtige Aufgaben zu erfüllen. Sie dienen unter anderem dem Hochwasserschutz wertvoller Stadt- und Landgebiete und ermöglichen die Nutzbarmachung bisher brachliegender Inundationsräume. In Verbindung mit Wasserkraftwerken leisten die Stauwerke einen nicht zu unterschätzenden Beitrag zur Gewinnung von Primärenergie und zum Teil zur Schiffbarmachung der Flüsse.

Eine betrieblich zuverlässige und zudem äusserst wirtschaftliche Bauart von Wehrverschlüssen ist das Segmentschütz. Sicheres Funktionieren dieses Verschlusskörpers über lange Betriebszeiträume hinweg erfordert die Anwendung momentenfrei arbeitender Stützlagerungen. Das räumlich einstellbare, hochbelastbare Gelenklager wird diesen Erfordernissen gerecht.

Die Segmentstützlagerungen zahlreicher bekannter Stauwerke sind mit Gross-Gelenklagern ausgerüstet, die nunmehr auch in einer Standardreihe mit Bohrungsdurchmesser bis zu 1000 mm zur Verfügung stehen. Ausführungsbeispiele von Segmentstützlagerungen lassen erkennen, dass die Anwendung des Gelenklagers vielfältige Möglichkeiten einer individuellen, auf die jeweils vorliegenden Verhältnisse abgestimmten Gestaltung bietet. Wartungsfreie Gelenklager finden sich auch in den Anlenkungen der Hydraulikzylinder, mit denen die Segmentverschlüsse und Klappen bewegt werden. Die bisherigen Erfahrungen mit Gelenklagern in Segmentwehren sind sehr gut.

Literaturhinweise

[1] *Magistrat Wien* (MA 29 u. MA 30): Donauhochwasserschutz Wien, Projektbeschreibung, Dezember 1974.

[2] *A. Grzywienski:* Der Umbau der Nussdorfer Wehranlage. «Österreichische Ingenieur-Zeitschrift» *16* (1973) H. 3, S. 89–98.

[3] *H. Stellmacher:* Nordsee-Sperrwerk auf Pfählen. «VDI-Nachrichten» (1974) H. 43, S. 19–20.

[4] *K. H. Schütz:* Wasserkraftwerk Ferlach an der Drau. «Europa Industrie Revue» (1974), H. 2, S. 14–16.

[5] *ÖDK Klagenfurt:* Draukraftwerk Ferlach, Projektbeschreibung, August 1972.

[6] *K. H. Schütz* und *R. Berthold:* Gelenklager für kombinierte und axiale Belastungen. «Antriebstechnik» *12* (1973), H. 1, S. 10–15, und WTS 730120 der SKF Kugellagerfabriken GmbH.

[7] *K. H. Schütz:* Gelenklager im Stahlbau und Stahlwasserbau. «Maschinentechnik» *2* (1973), S. 46–48, und *4*, S. 30–33.

[8] *R. Berthold:* Grossgelenklager erstmals bei einem Sperrwerk eingesetzt. «Kugellagerzeitschrift» *49* (1974), H. 181, S. 15–17.

Bildnachweis

1 und 6:	Magistrat Wien
5 und 18:	Zschokke-Wartmann
14 und 20:	Vöest-Alpine
25 und 26:	Krupp
7 und 8:	VDI-Verlag
12:	Dokawe
17, 19, 21, 22 und 24:	SKF
2, 3, 4, 9, 10, 11, 13, 15, 16 und 23:	Verfasser

Adresse des Verfassers: Ing. *Karl Heinz Schütz*, SKF Kugellagerfabriken GmbH, D-8720 Schweinfurt am Main, Postfach.

Beurteilung der Speicherwirkung des Kanals

Von **Ivo Dašek**, Bern

DK 628.2

Mit der Ausdehnung und der fortschreitenden Überbauung von Wohn- und Industriezonen steigen die Anforderungen an das Schluckvermögen der vorhandenen kommunalen Entwässerungsnetze. Manche Kanalisationsleitungen müssen entweder vergrössert oder die Kapazität des Netzes durch Sanierungen wie Umleitungen der Abflüsse, Einbau von Regenklärbecken usw. gesteigert werden. Die Bemessung eines neuen Kanalnetzes erfolgt für den Vollausbau, der in der Regel erst in einigen Jahrzehnten erreicht wird. Manche Kanäle werden dann lange Zeit nicht ausgelastet und sie können unter Umständen als Rückhaltebecken wirken. Dadurch kann manche Sanierung der unterhalb liegenden, älteren Leitungen mit kleinerem Schluckvermögen auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden. Um die Speicherwirkung der Kanäle zu beurteilen, werden die Ganglinien der Abflüsse ermittelt. Wie man dabei vorgehen kann, wird an einem Beispiel dargestellt.

1. Problemstellung

Durch das Wangental, ein Gebiet der Gemeinde Köniz, das an die Stadt Bern grenzt, fliesst der Stadbach. Die normalen Abflussmengen im Bach sowie das Bachbettprofil sind so klein, dass es nicht möglich ist, das aus der Autobahnentwässerung anfallende Meteorwasser sowie das entlastete Abwasser aus den Baugebieten in diesen schwachen Vorfluter einzuleiten. Die Gemeinde Köniz und die Stadt Bern haben sich mit dem kantonalen Autobahnamt zu einer gemeinsamen Lösung zusammengeschlossen: ein Mischwasserkanal wird die anfallenden Meteor- und Schmutzwassermengen aufnehmen und die neu geplante ARA II der Stadt Bern in der Eymatt bzw. vom vorher eingeschalteten Entlastungsbauwerk in den Wohlensee ableiten. Der Sammelkanal wurde für den Vollausbau der Einzugsgebiete bemessen.

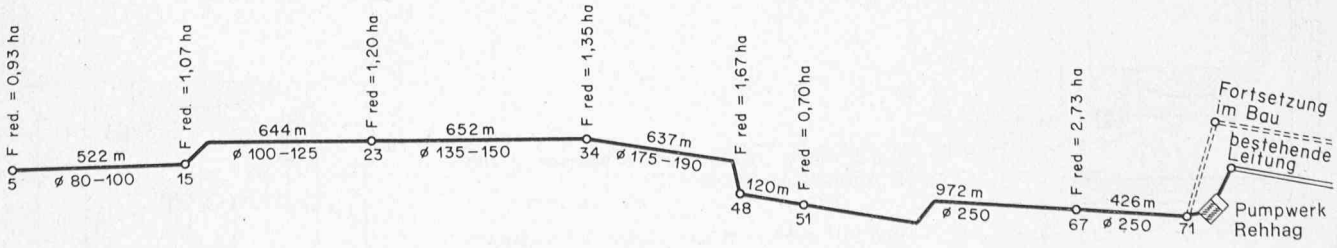


Bild 1. Schematische Situation des Sammelkanals Wangental