

Die Freistrahlturbinen des Kraftwerks Sedrun

Autor(en): **Bell Maschinenfabrik AG**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **80 (1962)**

Heft 2

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-66084>

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.

Die Freistrahlturbinen des Kraftwerks Sedrun

DK 621.241.2

Nach Mitteilungen der Bell Maschinenfabrik AG Kriens

1. Bemerkungen über die Kraftwerkgruppe Vorderrhein

Ueber den Ausbau der Wasserkräfte des Bündner Oberlandes wurde in der Schweiz, Bauzeitung schon früher berichtet¹⁾. Die damals im Bau befindliche Kraftwerkgruppe Zervreila ist vor einigen Jahren in Betrieb gekommen. Gegenwärtig steht die grösste Gruppe mit den Zentralen Sedrun und Tavanasa im Bau. Sie nutzt, wie aus Bild 1 ersichtlich, die Abflüsse des oberen Vorderrheintales aus, die in den drei künstlichen Speicherbecken Curnera, Nalps und Santa Maria (Lukmanier) gesammelt und der Zentrale Sedrun zugeleitet werden sollen. In die Zuleitung zum Kraftwerk Tavanasa ergiessen sich die Seitenbäche aus dem Val Nalps, dem Medels und dem Somvix. Die Kraftwerke Vorderrhein AG wurden am 7. Juli 1956 gegründet. Das Aktienkapital wurde zu rd. 86% durch die Nordostschweizerischen Kraftwerke AG, Baden (NOK), zu 10% durch den Kanton Grau-

bünden und zu rd. 4% durch sechs Gemeinden aufgebracht. Geschäftsleitung, Projektierung und Bauleitung sind der NOK übertragen.

Die Bauarbeiten begannen 1956 mit dem Bau der Zufahrtstrassen. Die Staumauer Nalps ist inzwischen fertiggestellt worden. Im Frühling 1962 werden die Maschinengruppen in beiden Zentralen montiert sein. Die endgültige Fertigstellung der Kraftwerkgruppe wird im Sommer-Herbst 1962 möglich sein.

In der Zentrale Sedrun befinden sich neben den drei Hauptgruppen zwei weitere kleine Gruppen, von denen die eine als Eigenbedarfsgruppe dient und deren Pelton-turbine von 870 kW an die Druckleitung der Hauptgruppen angeschlossen ist, während die andere mit einer Kaplan-turbine von 700 kW ausgerüstet ist und das Gefälle von rund 25 m zwischen der Wasserfassung des Vorderrheins und dem Freispiegelstollen ausnützt, der nach der Zentrale Tavanasa führt. Tabelle 1 gibt eine Uebersicht über die Hauptdaten und die Energieerzeugung der beiden Zentralen, die Bilder

1) SBZ 1955, Heft 24, S. 359 und 1956, Heft 23, S. 349.

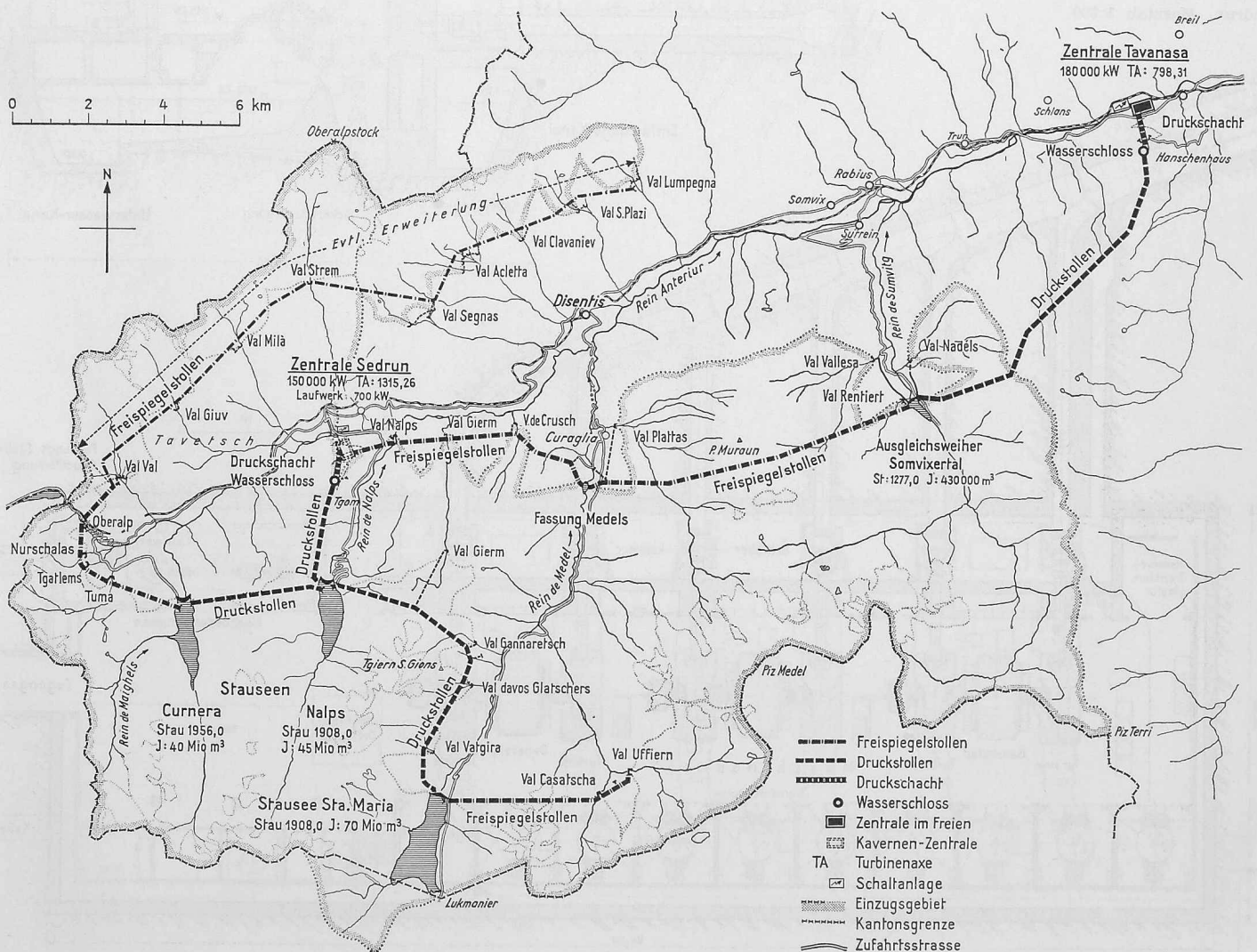


Bild 1. Uebersichtsplan der Kraftwerke Sedrun und Tavanasa, Masstab 1:180 000

2 und 3 stellen Querschnitt und Grundriss der Kavernenzentrale dar; aus ihnen ist der Einbau der Turbinen ersichtlich.

Tabelle 1. Hauptdaten der Kraftwerkgruppe Vorderrhein

Werk	Brutto-Gefälle m	Ausbau-wasser-menge m ³ /s	Install. Lei-stung kW	Mittl. jährliche Energieproduktion		
				Winter Mio kWh	Som-mer Mio kWh	Jahr Mio kWh
Sedrun	593	30	150 000	220	33	253
Laufwerk Sedrun	25	3	700	1	2	3
Tavanasa	479	46	180 000	239	266	505
Total				450	301	761

2. Die Haupt-Turbinen der Zentrale Sedrun

In der Kavernenzentrale Sedrun befinden sich drei gleichgebaute Hauptmaschinensätze, von denen jeder aus

zwei doppeldüsigigen Peltonturbinen und einem dazwischen liegenden Generator besteht und für folgende Hauptdaten gebaut ist:

Gefälle	588,4 bis 489,6 m
Wassermenge	10,12 bis 9,23 m ³ /s
Leistung	51 650 bis 39 100 kW
Drehzahl	428 U/min

Bild 6 zeigt eine vollständige Maschinengruppe im Längs-schnitt und Bild 7 den Querschnitt durch eine Turbine. Bei der Turbine links ist die Erregergruppe angeordnet, die den Haupterregter, einen Hilfserregter, den Pendelgenerator und den Tachometerdynamo umfasst. Bei der Turbine rechts befindet sich das Maximalpendel mit Oelablassventil, Auslösekontakt und Rückstellknopf.

Jedes Laufrad weist 22 Schaufeln auf, die für einen Strahlkreisdurchmesser von 2150 mm gebaut sind; es besteht aus einem Stück aus Stahlguss Cor. 13.65. Die Form des mehrteiligen Turbinengehäuses ist durch die Anordnung der beiden Einläufe bestimmt, die so gewählt wurde, dass sich günstige Zuströmverhältnisse zu den Düsen, ein genügend

Bild 2 (rechts). Querschnitt durch die Kavernenzentrale Sedrun, Masstab 1:400

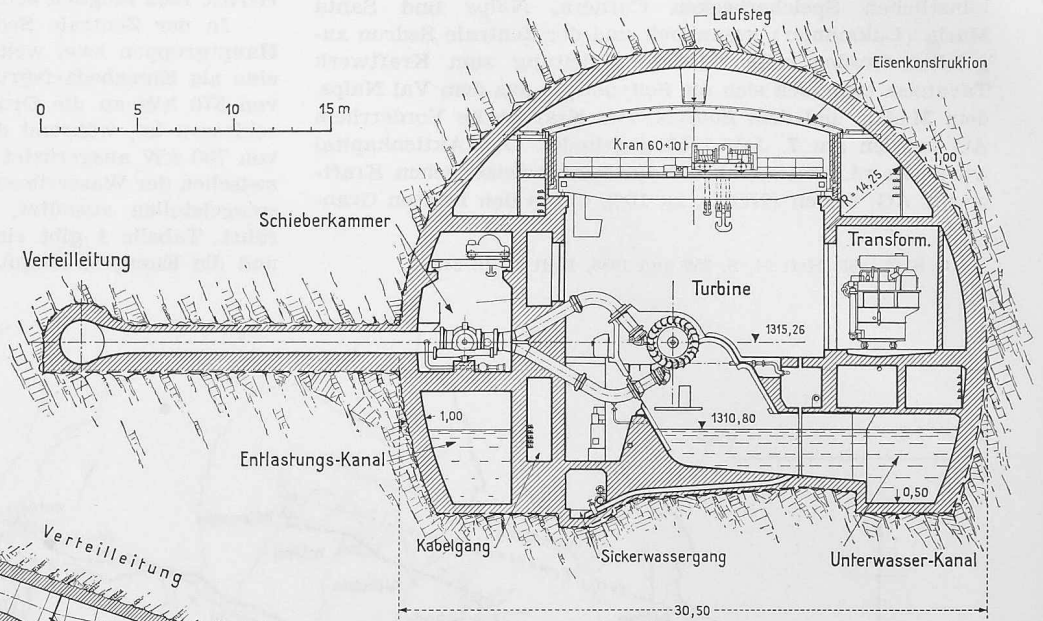
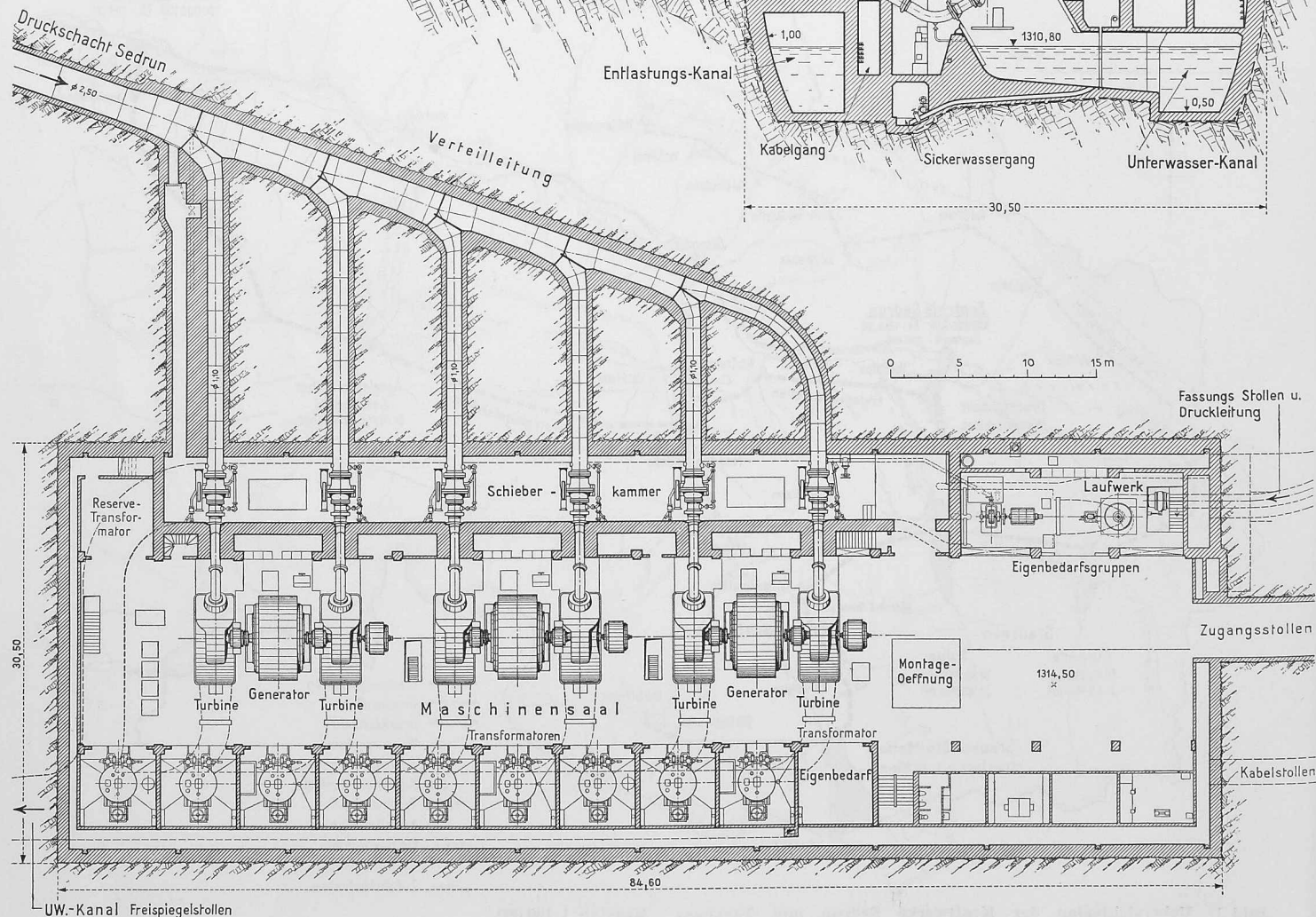


Bild 3 (unten). Grundriss der Zentrale Sedrun, Masstab 1:500



grosser Winkel zwischen den Düsenaxen und eine Gehäuseform ergeben, die eine gute Zugänglichkeit zum Laufrad ermöglicht. Die Trennflächen des mehrteiligen Gehäuses wurden so festgesetzt, dass das Laufrad nach Entfernen des Gehäusedeckels, also bei betriebsmässig eingesetzten Düsen, ausgebaut werden kann, Bild 4. Die im Oberteil eingebaute Düse ist von beiden Seiten her durch je eine grosse Kontrolltüre zugänglich. Infolge der Ejektorwirkung reissen die Wasserstrahlen verhältnismässig viel Luft mit sich, weshalb es notwendig ist, für eine gute Belüftung des Gehäuseinnern zu sorgen. Hierzu dienen besondere Luftkanäle.

Die untere Düse ist durch einen Schirm aus Stahlguss geschützt, der das von der oberen Düse herkommende und im Turbinenrad verarbeitete oder durch den Stahlablenker abgelenkte Wasser ins Unterwasser leitet, ohne die untere Düse zu benetzen. Dieser Schutz ist namentlich dann wichtig, wenn der Stauraum der Speicherseen rasch entleert werden muss, und die Wasserstrahlen bei voll geöffneten Düsen durch die Ablenker ins Unterwasser geleitet werden müssen. Um dabei den aus der untern Düse austretenden Strahl gut abführen zu können, erhielt das ihr gegenüberliegende Stück des Gehäuseunterteils eine starke Ausbauchung. Ueberdies wurde dieser Teil mit einer dickwandigen Panzerung ausgekleidet, die sich bis nahe an den Unterwasserspiegel fortsetzt. Auch die benützten Teile des Fundamentes sind gepanzert. In ihnen ist für jeden Turbinenschacht ein Zugang ausgespart, der durch je eine Panzertüre verschlossen ist. Für

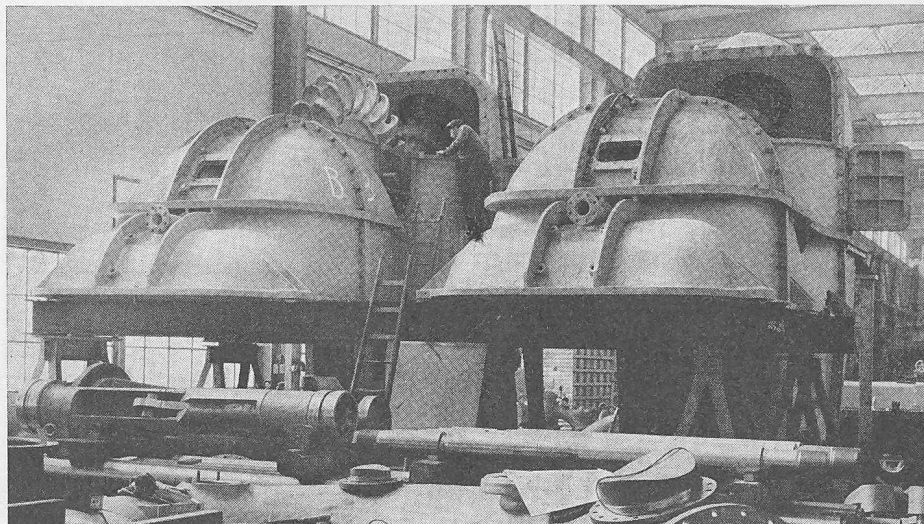
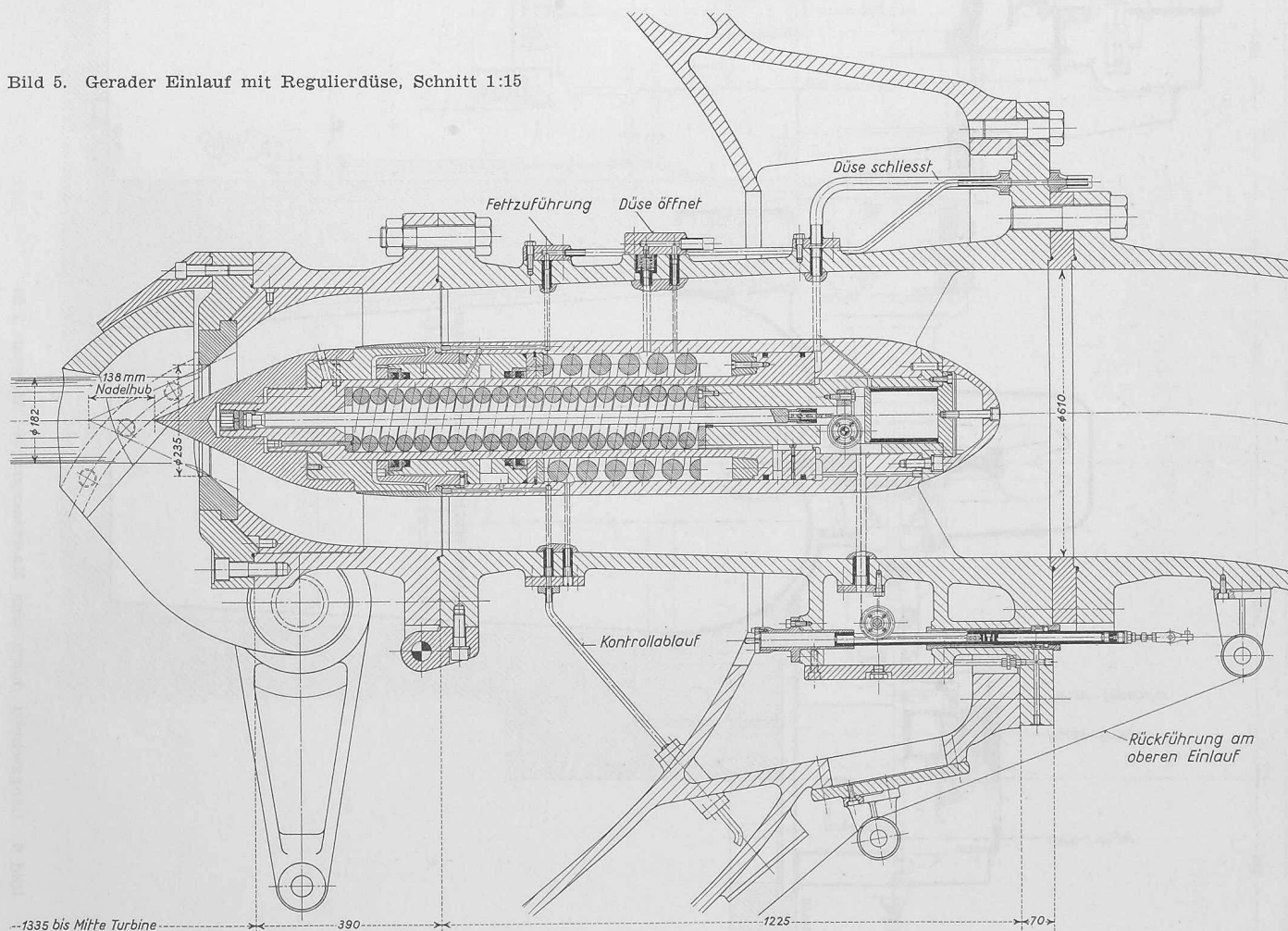


Bild 4. Doppel-Pelton-turbine für die Zentrale Sedrun (Werkaufnahme)

Montagearbeiten ist über dem Unterwasserspiegel ein Rost eingebaut, der von diesem Zugang aus betreten werden kann.

Die Turbineneinläufe sind mit Regulierdüsen und Strahlablenkern versehen, Bild 5. Dabei sind die Servomotoren für die Nadelbewegung in die Einlaufrohre konzentrisch eingebaut. Je zwei Flügel verbinden den Servomotorzylinder mit dem Einlaufgehäuse; in ihnen sind Bohrungen für das Steueröl, die Uebertragung der Rückführbewegung, das Lecköl und die Kontrolle der Dichtungsmanschette angebracht. Der Servomotor für die Betätigung der Ablenker ist mit den zugehörigen Pumpengruppen im untern Teil des Regulators eingebaut. Dieser befindet sich im Untergeschoss zwischen

Bild 5. Gerader Einlauf mit Regulierdüse, Schnitt 1:15



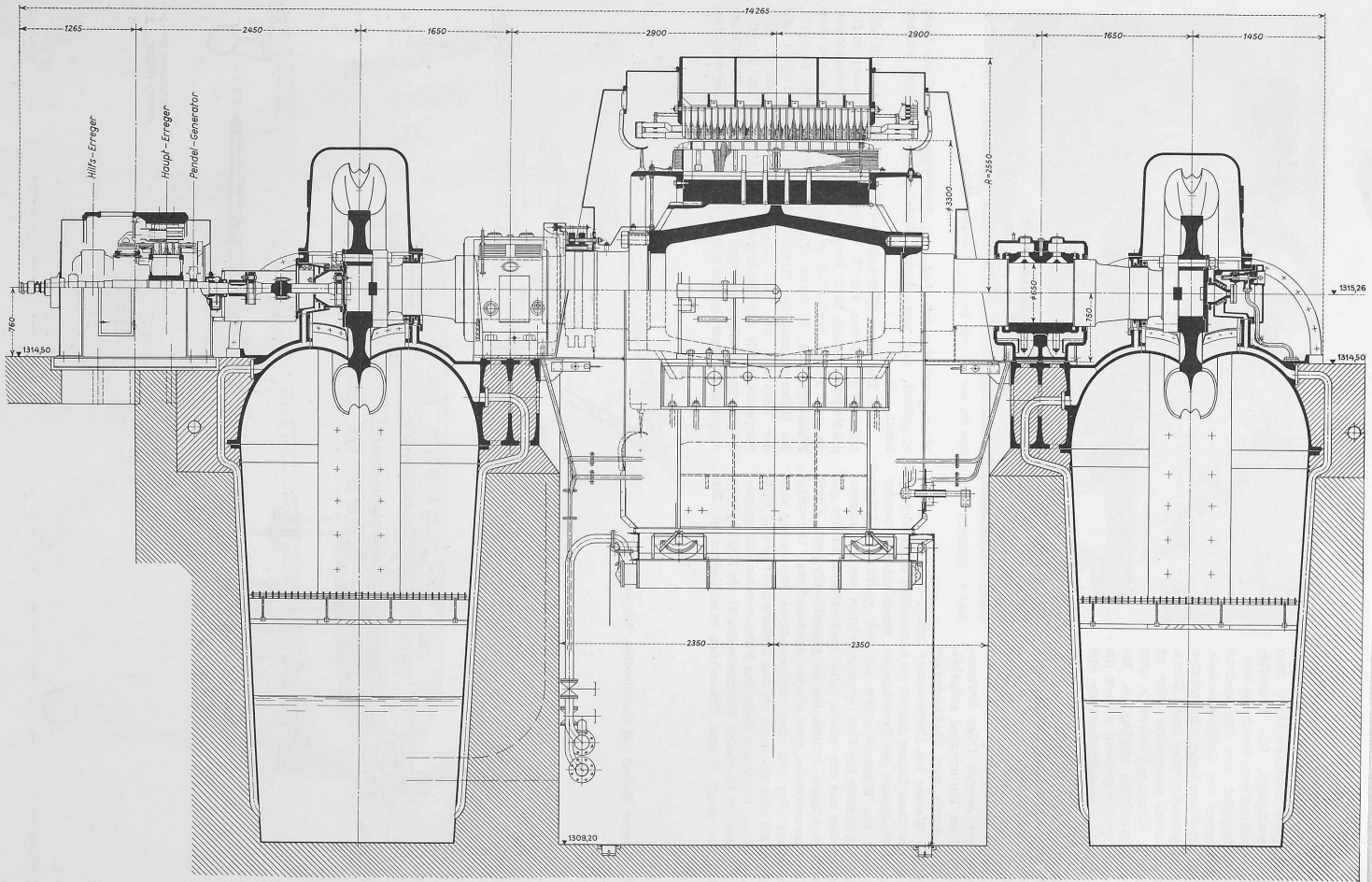
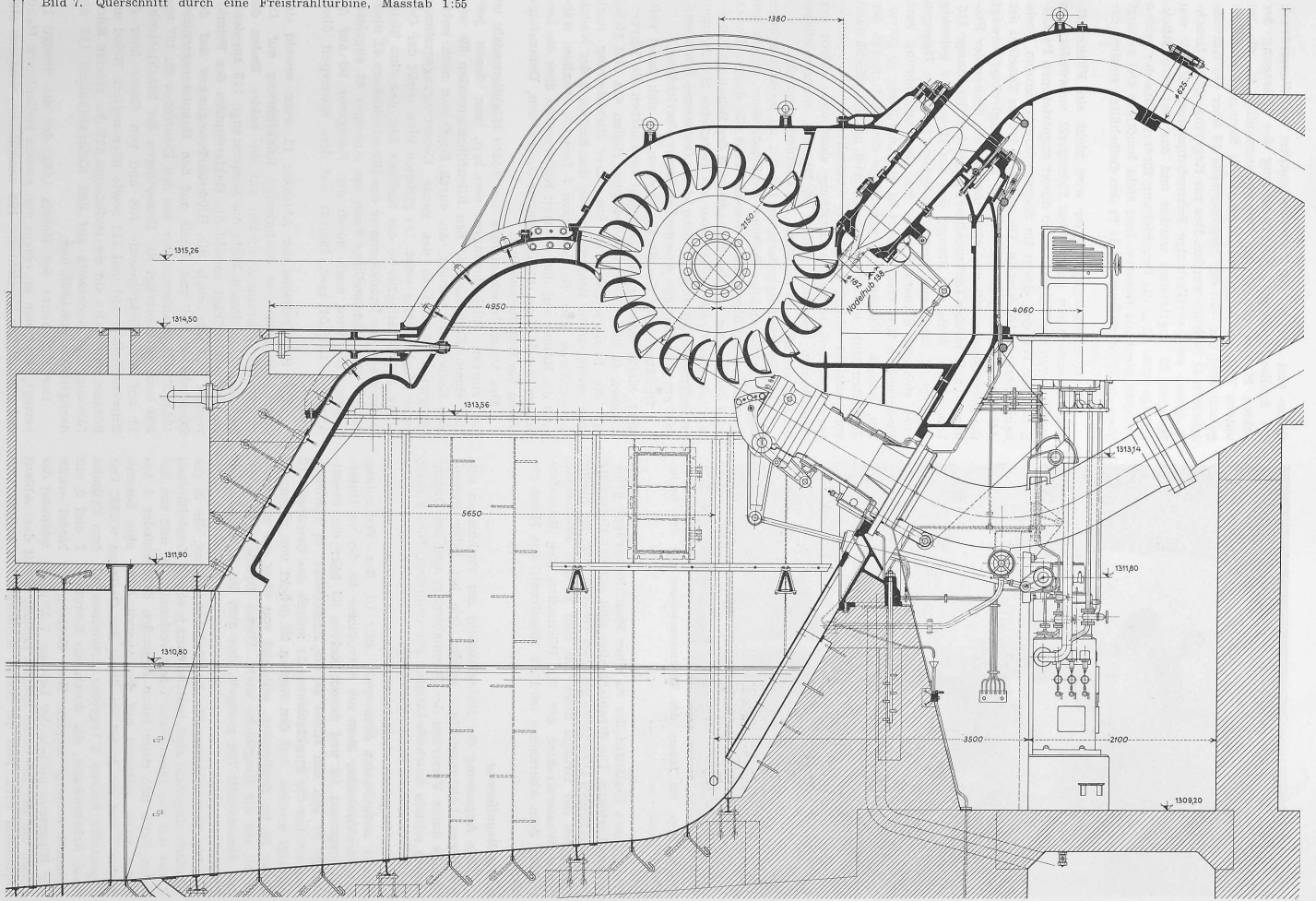


Bild 6. Längsschnitt durch eine Maschinengruppe, Masstab 1:55

Bild 7. Querschnitt durch eine Freistrahlturbine, Masstab 1:55



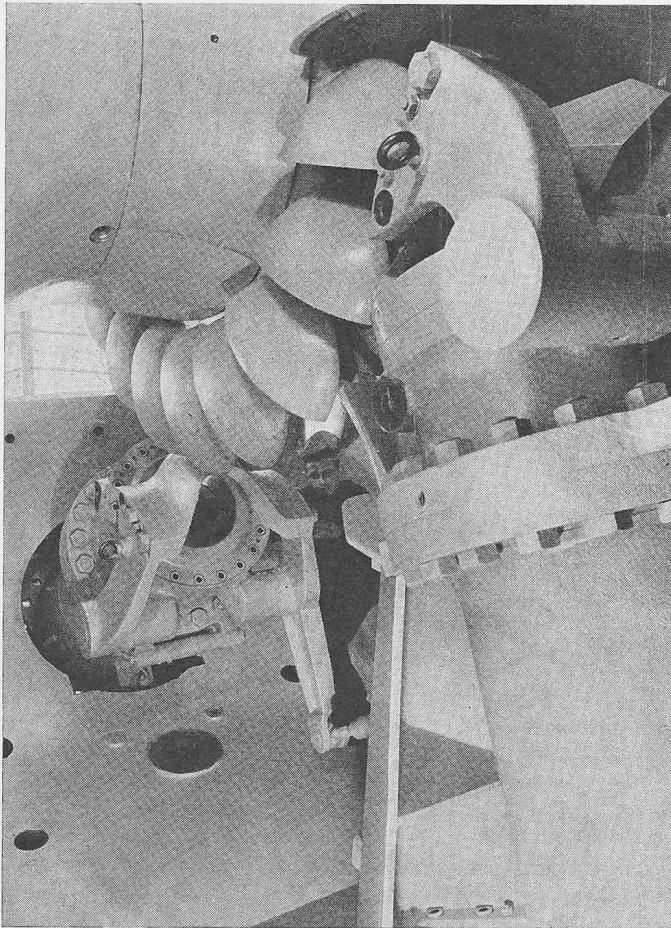


Bild 8. Blick ins Innere des Turbinengehäuses mit den beiden Einläufen

den unteren Einläufen der zu einer Maschinengruppe gehörenden Turbinen. Die Strahlableiter sind auf der Unterseite der betreffenden Düsenhüte gelagert (Bild 8). Für das rasche Stillsetzen der Gruppe dient pro Rad je eine Bremsdüse, deren Wasserstrahlen auf die Rückseiten der Schaufeln treffen. Zum Abbremsen wird ein Kegelventil von Hand geöffnet.

3. Die Regulierung

Die Anpassung der Energiezufuhr zur Turbine an den jeweiligen Leistungsbedarf erfolgt wie bei jeder Pelton-turbine durch Verstellen der Strahlableiter und der Düsen-nadeln mittels druckölbetätigter Servomotoren. Bild 9 zeigt das Steuerschema der Regulierung.

Der Regulator besteht aus einem Unterteil und einem darauf aufgebauten Steuerpult, Bild 10. Zur Verstellung der Strahlableiter dient der Servomotor 40, der im Unterteil eingebaut ist und dessen Kolben 35 über die Pleuelstange 37 und den Hebel 38 die Reglerwelle 13 verdreht, von welcher die Strahlableiter 11 mittels des Gestänges 12 betätigt werden. Auf den Kolben 35 drückt von unten die Feder 36 im Schliessinn, während von oben der Steueröl-druck auf die Ringfläche wirkt. Dieser Druck wird durch das Steuerventil 104 geregelt, das sich im Steuerpult befindet.

Die Servomotoren für die Nadelverstellung, die in die Einläufe eingebaut sind, bestehen aus je einem Verstellkolben 3, der mit der Düsennadel 1 fest verbunden ist und von der einen Seite mit einer innen liegenden Schliessfeder 4 belastet wird, während auf der andern Seite eine äussere Feder 5 auf die Nadel im Sinne des Öffnens wirkt. Der abgestufte Kolben 3 begrenzt zusammen mit dem Zylinder zwei Arbeitsräume, die durch die Leitungen 7 und 8 mit Steueröl versorgt werden. Zum Öffnen der Nadel erhält der Ringraum mittels der Leitung 7 Drucköl, während der Raum auf der Rückseite mittels Leitung 8 mit dem Ablauf verbunden wird. Soll die Nadel schliessen, so kehren sich

Ölzu- und -abfuhr um. Dabei unterstützt der Wasserdruck die Schliessbewegung. Zur Steuerung der Bewegung der beiden Nadeln dienen die Düsensteuerventile 41, die im untern Teil des Regulators neben dem Servomotor 40 eingebaut sind und von der Reglerwelle 13 über die Kurvenscheiben 42 betätigt werden. Das zur Regelung nötige Drucköl liefern zwei vertikalaxige Schraubenpumpen 31, die von Motoren 32 angetrieben werden und das Öl über Rückschlagventile 33 in die Druckleitung fördern. Eine der beiden Pumpen dient als Reserve. Das nicht benötigte Öl gelangt über ein Ueberströmventil 34 in den Ölbehälter zurück, der rd. 1500 l fasst.

Als Geschwindigkeitsregler wird nicht ein Fliehkraftpendel, sondern ein elektrisches Regelgerät verwendet, das aus dem von der Turbinenwelle direkt angetriebenen Pendel-generator 174 und einem im Steuerpult eingebauten Drehzahlreglerkopf 101 besteht. Dieses Gerät ist ein Fabrikat der AG Brown, Boveri & Cie., Baden. Der Reglerkopf bewegt die Steuerstange 113, und zwar bewirkt ein Sinken der Frequenz (z. B. infolge Lastzunahme) ein Heben der Stange 113. Das andere Ende der Stange, das am Hebel 119 gelenkig gelagert ist, bleibt zunächst in unveränderter Lage. Dagegen hebt sich der Steuerstift 114, der als Vorsteuerung zum Steuerkolben 104a dient. Dabei ist die Anordnung so getroffen, dass der Kolben 104a gegenüber dem Stiften 114 den doppelten Hub ausführt, wodurch sich die Empfindlichkeit entsprechend erhöht. Durch das Auslenken des Steuerschiebers 104a aus seiner Ruhestellung nach oben erhält der Arbeitsraum über dem Kolben 35 Drucköl, wodurch dieser die Reglerwelle 13 im Sinne des Öffnens verdreht.

Der Geschwindigkeitsregler 101 hat im spannungslosen Zustand (Stillstand der Turbine) Schliessstendenz, die für den Anlaufvorgang überwunden werden muss. Zu diesem Zweck wird der Magnet 103 durch Betätigung des Schalters 136 erregt und das Gestänge 113 über ein geeignetes Hebelsystem im Öffnungssinn betätigt. Eine kleine Ölbremse 102 verhindert ein schlagartiges Ansprechen dieser Vorrichtung.

Die Bewegung der Strahlableiter, die sich dabei vollzieht, bleibt wirkungslos. Dagegen verschieben die Kurvenscheiben 42 über die eingezeichneten Rollen 41a und Hebel 41b die Steuerschieber 41 aus ihrer Ruhestellung nach oben, wodurch die Ringräume von den Kolben 3 der Nadel-servomotoren über die Leitungen 7 Drucköl erhalten, während die Räume auf den anderen Kolbenseiten über die Leitungen 8 mit dem Ablauf verbunden werden. Demzufolge öffnen die Regulirnadeln 1.

Der Verstellmechanismus der beiden Regulirnadeln ist mit starren Rückführungen versehen, von denen jede aus einem Stahlband 6, den Rückführsegmenten 39 und dem Kolben 39a besteht, der durch Zugfedern nach unten gezogen wird und so das ganze Uebertragungsgestänge unter Zugspannung setzt. Im gleichen Sinn wirkt der Öldruck auf die Ringfläche des Kolbens 39a, den eine kleine Leitung aus der Druckkammer des Steuerschiebers 41 übermittelt. Die Nadelstellung kann am Anzeiger 43 abgelesen werden. Sie wird auch durch den Ferngeber 56 auf die Anzeiger 151/154 bzw. 158/161 auf dem Steuerpult übertragen.

Das Regelgetriebe der Ableiter 11 weist sowohl eine starre als auch eine nachgiebige Rückführung auf. Die beiden Rückführungen wirken auf die beiden Enden des Hebels 119, in dessen Mitte die Steuerstange 113 angelenkt ist. Diese überträgt sowohl die Reglerimpulse des Primärreglers 101 als auch die Rückführbewegungen auf den Steuerstiften 114 und damit auf den Hauptsteuerschieber 104a. Ein Mechanismus, der aus den Elementen 39, 107 und 109 besteht, überträgt die Bewegungen der Strahlableiter 11 auf die Rückführwelle 108 und von dieser über die Kurvenscheiben 110 und 111 sowie über weitere Hebel und Stangen einerseits auf die Hubstange 127 der starren Rückführung und andererseits auf den Kataraktkolben 112 der nachgiebigen Rückführung.

Der Drehpunkt des Hebels 125a, der die Stange 127 bewegt, lässt sich an einem von aussen bedienbaren Handrad mittels der Vorrichtung 125 verschieben, wodurch sich

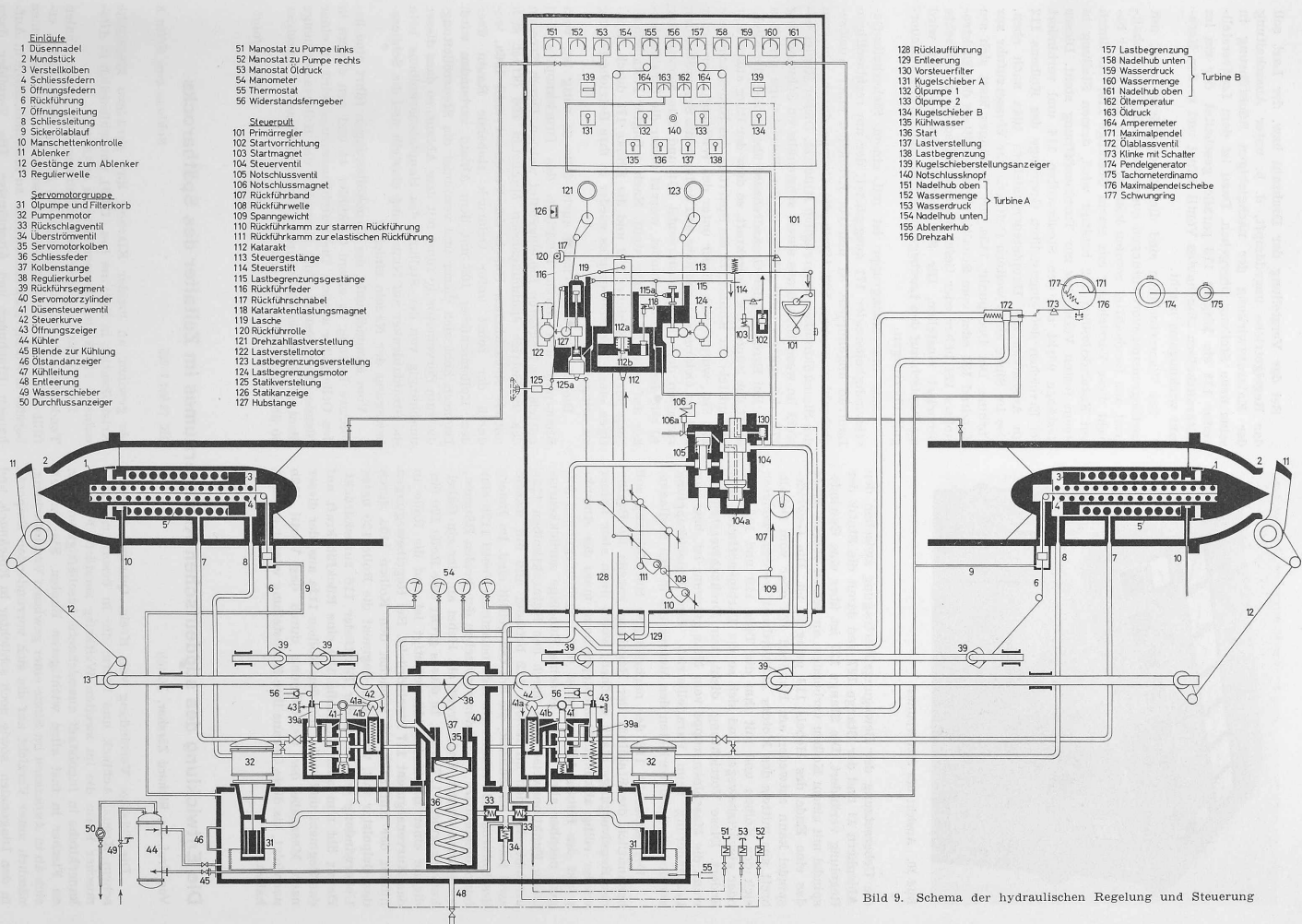


Bild 9. Schema der hydraulischen Regelung und Steuerung



Bild 10. Ansicht des Steuerpultes

die Uebersetzung der Bewegungsübertragung zwischen den Ablenkern 11 und der Stange 127 und damit die Statik der Regelung verändert. Die Stange 127 ist über eine Gewindespindel mit einem Kolben verbunden, an dessen oberem Ende das eine Ende des Hebels 119 gelagert ist. Die Gewindespindel kann entweder am Handrad 121 oder vom Schaltbrett aus mittels des Motors 122 verdreht werden, wodurch sich der Kolben und mit ihm die Teile 119 und 113 auf- oder abwärtsbewegen und sich so die Turbinenöffnung verändert. Diese Vorrichtung dient zur Drehzahlverstellung, wenn die Maschinengruppe vom Netz getrennt ist, bzw. zur Laständerung beim Parallelbetrieb. Eine Rutschkupplung verhindert ein Ueberlasten des Motors 122 in den Endlagen.

Der Katarakt 112 der nachgiebigen Rückführung soll bekanntlich die Stabilität der Regelung jeweils zu Beginn der Regelvorgänge stark erhöhen, wobei diese aber immer wieder völlig abklingt. Dementsprechend muss der Anlenkpunkt des Hebels 119 zunächst den Regelbewegungen folgen, nachher aber wieder in seine Ruhelage zurückkehren. Diese Funktionsweise wird durch den Kataraktkolben 112a erreicht, der sich im Kolben 112 befindet und mit diesem zwei Räume umschliesst, die mit Oel gefüllt sind. Im Innern des Kolbens 112a schafft ein federbelastetes Ventil 112b eine feine, einstellbare Verbindung zwischen den beiden Räumen; an seinem oberen Ende greift ein Hebel an, der ein Gabelkurvensegment 117 trägt. In dieses greift eine Rolle 120 ein, die an einer Blattfeder 116 befestigt ist und die Rolle in das Kurvensegment 117 hineindrückt. Bei Regelbewegungen nimmt der Katarakt 112 zunächst den Kolben 112a durch das Oelpolster mit, wobei das Segment die Rolle 120 unter Ueberwindung der Kraft der Blattfeder 116 zurückdrückt. Damit übt nun aber die Rolle 120 eine Rückführkraft auf das Segment und weiter auf den Kolben 112a aus, der dieser nach Massgabe der Oelströmung durch das Ventil 112b nachfolgt, bis diese Organe ihre Ruhestellung wieder erreicht haben.

Bei der Verstellung der Drehzahl bzw. der Last soll das Regelgetriebe ungedämpft, d. h. unter Ausschaltung der Kataraktwirkung der nachgiebigen Rückführung in seine neue Stellung übergehen. Dazu ist dem Lastverstellmotor 122 ein Magnet 118 parallel geschaltet, der ein im Kataraktkolben eingebautes Ventil öffnet und so den Katarakt wirkungslos macht.

Bei Wasserturbinen sind die Regelgetriebe meist mit Lastbegrenzungsvorrichtungen auszurüsten, die vom Schaltbrett aus fernbetätigt werden können. Beim Bell-Regler besteht diese Vorrichtung aus einem Gestänge 115, das durch den Kataraktkolben 112 betätigt wird, dessen Stellung in einem festen Verhältnis zur Turbinenöffnung steht. Dieses Gestänge wirkt auf den Steuerstiften 114 und verhindert bei Erreichen der eingestellten Grenzlage des Kolbens 112 ein Auslenken des Hauptsteuerschiebers 104a nach oben, also im Sinne eines weitem Oeffnens der Wasserzufuhr zur Turbine. Der Drehpunkt 115a des Gestänges lässt sich am Handrad 123 oder vom Schaltbrett aus mittels des Elektromotors 124 höher oder tiefer stellen und so die gewünschte Grenzlast einstellen. Die Stellung des Hebels 115a wird mechanisch auf den Lastbegrenzungsanzeiger 157 im Steuerpult übertragen.

Jede Maschinengruppe ist mit einem Sicherheits-Geschwindigkeitsregler 171 ausgerüstet, der am rechtsseitigen Lauftrad angekuppelt ist und bei Erreichen einer Auslösedrehzahl von etwa 500 U/min die Gruppe durch Ablassen des Steueröldruckes unverzüglich stillsetzt. Dieser Regler besteht im wesentlichen aus einem schwenkbaren Schwungring 177, der mittels einer Feder in der Betriebslage gehalten wird. Bei Erreichen der Grenzdrehzahl überwindet die Fliehkraft des Ringes die Federkraft, so dass der Ring ausschlägt und mittels der Klinke 173 die Sperrung des Kolbenschiebers 172 löst, worauf sich dieser unter der Wirkung einer Feder und des Oeldrucks verschiebt und dadurch die Steuerölleitung zwischen dem Hauptsteuerventil 104 und dem Servomotor 40 mit dem Ablauf verbindet, worauf dieser die Strahlablenker auf volle Ablenkung stellt. Nach erfolgter Notabschaltung sind der Schieber 172 und die Klinke 173 durch Betätigen eines Rückstellknopfes wieder in ihre Betriebsstellung zu bringen.

Die Notauslösung kann auch, falls es nötig ist, vom Steuerpult aus durch Betätigen des Druckknopfes 140 mittels des Magneten 106 eingeleitet werden. Durch Erregen des im Betrieb spannungslosen Magneten 106 öffnet sich mittels eines kleinen Hebels das Vorsteuerventil 106a, wodurch der sonst unter Oeldruck stehende Raum über dem Kolbenschieber 105 mit dem Ablauf verbunden wird. Dadurch hebt sich dieser und verbindet die Steuerölleitung, die zum Servomotor 40 führt mit dem Ablauf, so dass dieser unabhängig von der Stellung des Hauptsteuerkolbens 104a die Strahlablenker auf Nulleistung einstellt und die Schliessbewegung der Nadeln einleitet.

Vom Sammelpunkt der Druckölleitungen führt eine besondere Leitung zu einem Oelkühler 44 und von diesem in den Oelbehälter zurück. Die Durchflussmenge wird an einer Blende 45 eingestellt. Zum Einstellen der Kühlwassermenge dient der Schieber 49, während der Durchfluss am Anzeiger 50 überwacht werden kann.

Schluss folgt

Die Entwicklung des süddeutschen Kirchenraumes im Zeitalter des Spätbarocks

Von Prof. Dr. Richard Zürcher, Zürich

DK 72.034.7:726

Schluss von Seite 8

Die flüssige Verbindung von Kreis, Quadrat, griechischem Kreuz, Achteck und Stern, die in besonders dynamischer Form die im zweiten Weltkrieg zerstörte Franziskanerkirche in Ingolstadt auszeichnete, beschäftigt von nun an Fischer in fast allen wichtigeren Bauten. Sie wandelt sich ab in *Aufhausen* im Sinne einer gewissen Vereinfachung, nämlich unter Verzicht auf die sich vorrundenden Emporen in den Diagonalen, sowie noch schlichter in *Rinchnach*, und

sie gewinnt an luzider Klarheit ihre geradezu klassische Kristallisation in *Rott am Inn* (1759), um schliesslich in *Altomünster* (1763) ins Greisenhafte zu erstarren.

Die Verbindung des Zentralraumes mit longitudinalen Tendenzen, die das innere Ziel der ganzen Reihe bildet, erfüllt sich durch das Anfügen eines selbständigen Chorraumes bereits in Fischers St. Annakirche zu München, sowie in *Aufhausen*, *Rinchnach* und *Altomünster*. Die Vorbilder dazu