

# Die Freistrahlturbinen des Kraftwerks Sedrun

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

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

Heft 2

PDF erstellt am: **24.04.2024**

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.

17

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

Tabelle 1. Hauptdaten der Kraftwerkgruppe Vorderrhein

| Werk            | Brutto-Gefälle<br>m | Ausbau-wasser-menge<br>m³/s | Install. Lei-stung<br>kW | Mittl. jährliche Energieproduktion |                   |                 |
|-----------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------|
|                 |                     |                             |                          | Winter<br>Mio kWh                  | Sommer<br>Mio kWh | Jahr<br>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 Kavarnenzentrale 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:

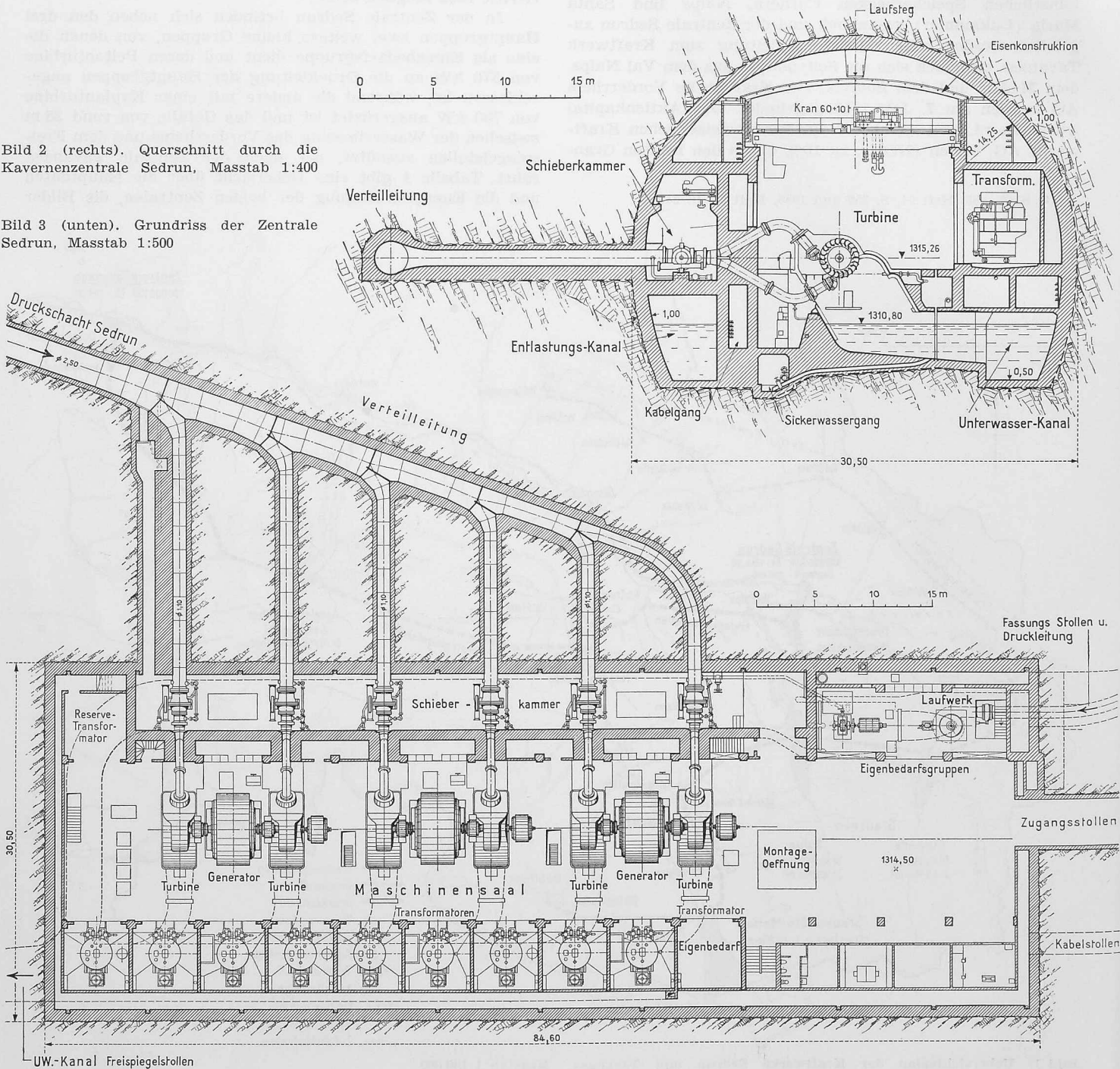
|             |                      |
|-------------|----------------------|
| Gefälle     | 588,4 bis 489,6 m    |
| Wassermenge | 10,12 bis 9,23 m³/s  |
| Leistung    | 51 650 bis 39 100 kW |
| Drehzahl    | 428 U/min            |

Bild 6 zeigt eine vollständige Maschinengruppe im Längsschnitt und Bild 7 den Querschnitt durch eine Turbine. Bei der Turbine links ist die Erregergruppe angeordnet, die den Haupterreger, einen Hilfserrger, 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 Kavarnenzentrale Sedrun, Masstab 1:400

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





grosser Winkel zwischen den Düsen-  
axen und eine Gehäuseform ergeben,  
die eine gute Zugänglichkeit zum  
Laufwerk ermöglicht. Die Trennflä-  
chen des mehrteiligen Gehäuses wur-  
den so festgesetzt, dass das Laufwerk  
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 Kontrolltür zugänglich. In-  
folge der Ejektorwirkung reissen die  
Wasserstrahlen verhältnismässig viel  
Luft mit sich, weshalb es notwendig  
ist, für eine gute Belüftung des Ge-  
häuseinnern zu sorgen. Hierzu dienen  
besondere Luftkanäle.

Die untere Düse ist durch einen  
Schirm aus Stahlguss geschützt, der  
das von der oberen Düse herkom-  
mende und im Turbinenrad verarbei-  
tete 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 aus-  
gekleidet, die sich bis nahe an den Unterwasserspiegel fort-  
setzt. Auch die benützten Teile des Fundamentes sind gepanzert.  
In ihnen ist für jeden Turbinenschacht ein Zugang aus-  
gespart, der durch je eine Panzertüre verschlossen ist. Für

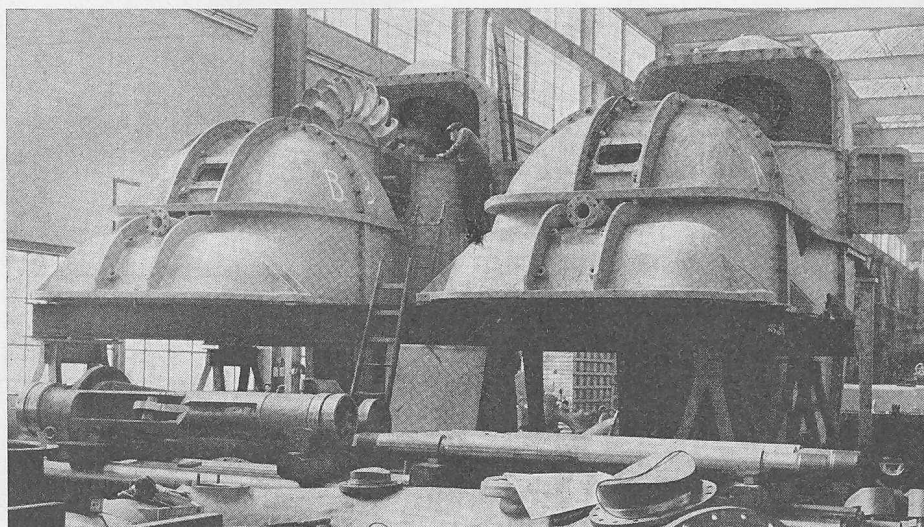
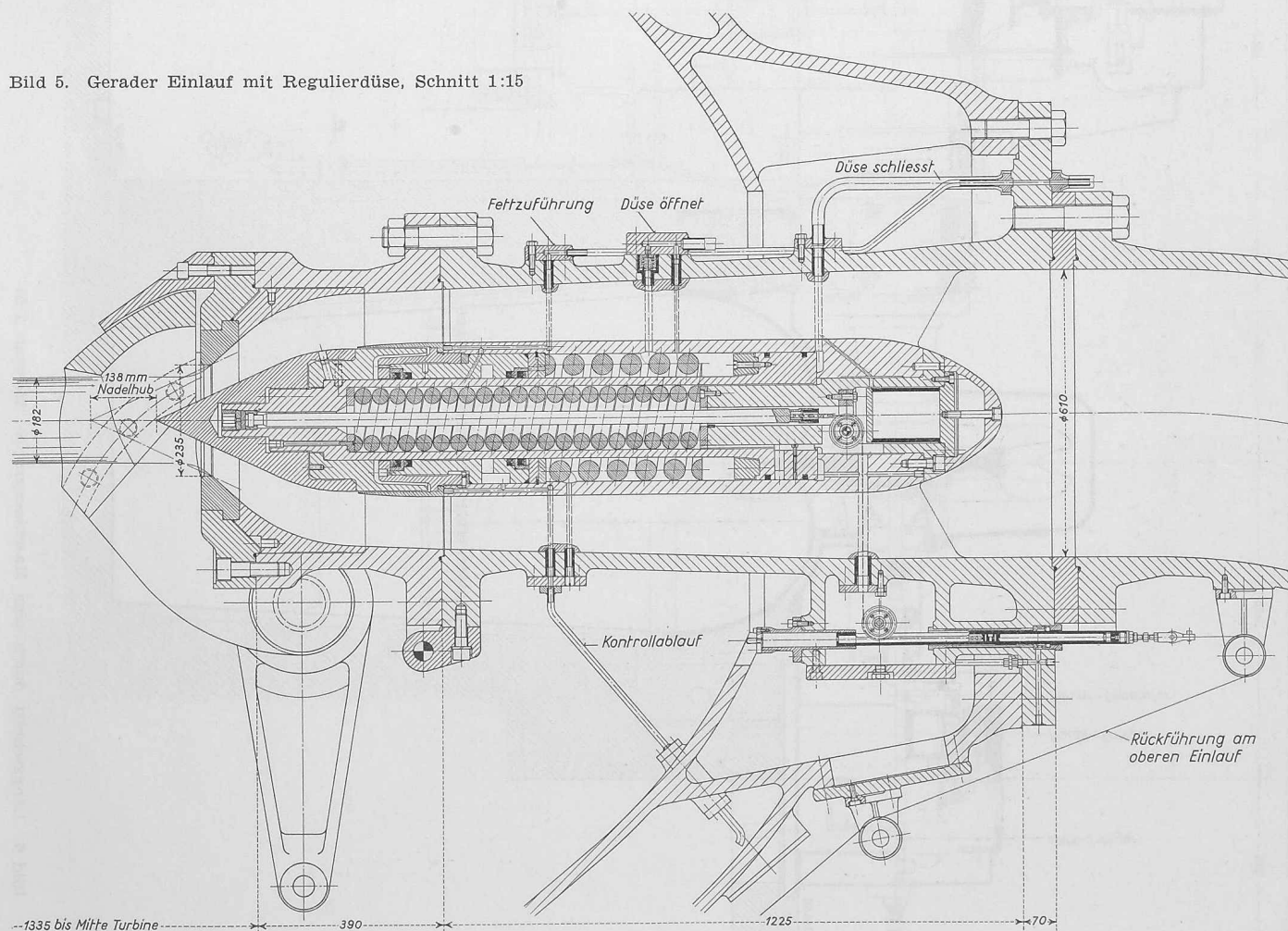


Bild 4. Doppel-Pelton-turbine für die Zentrale Sedrun (Werkaufnahme)

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

Die Turbineneinläufe sind mit Regulernadeln und Strahl-  
ablenkern 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





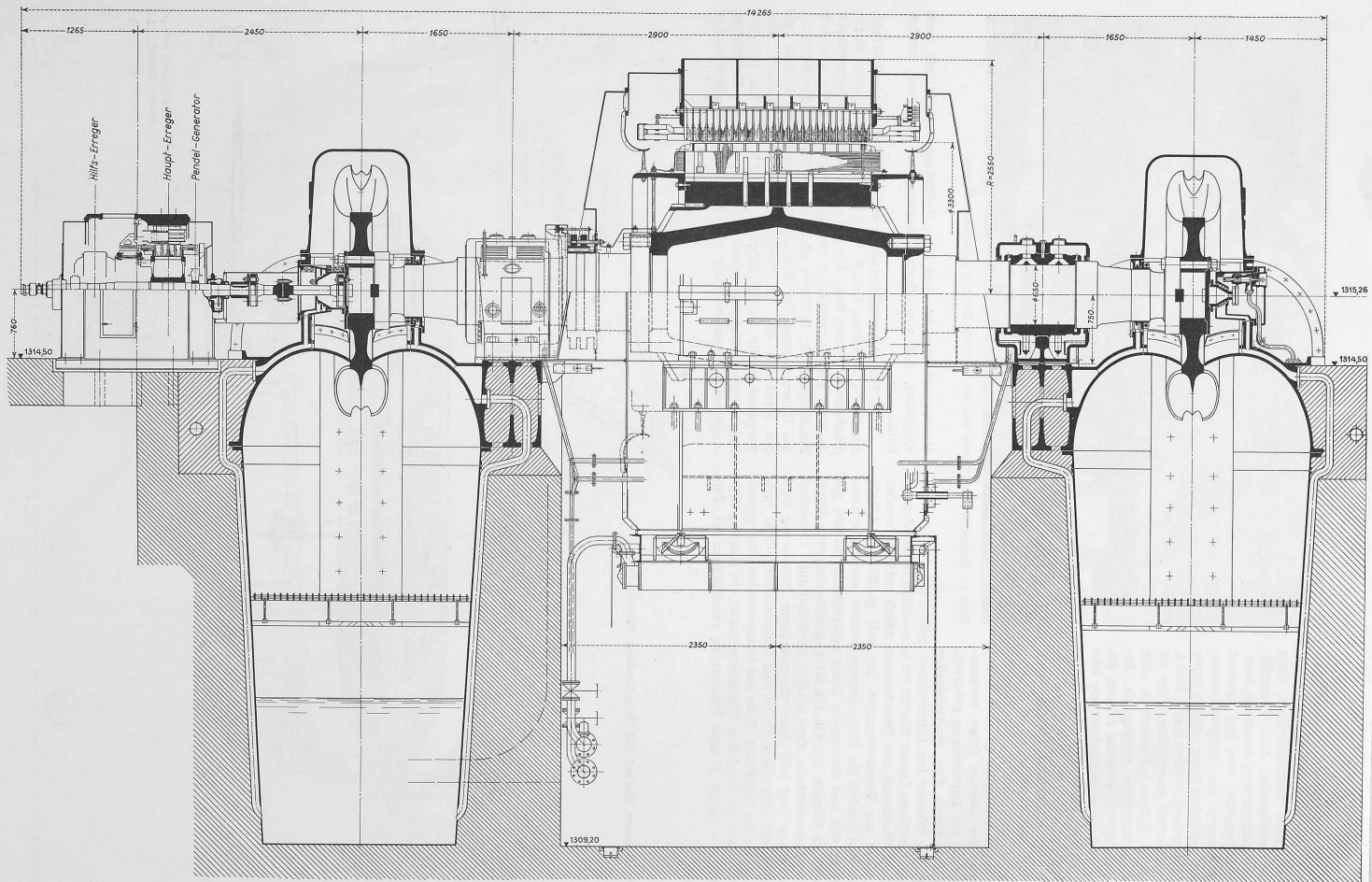
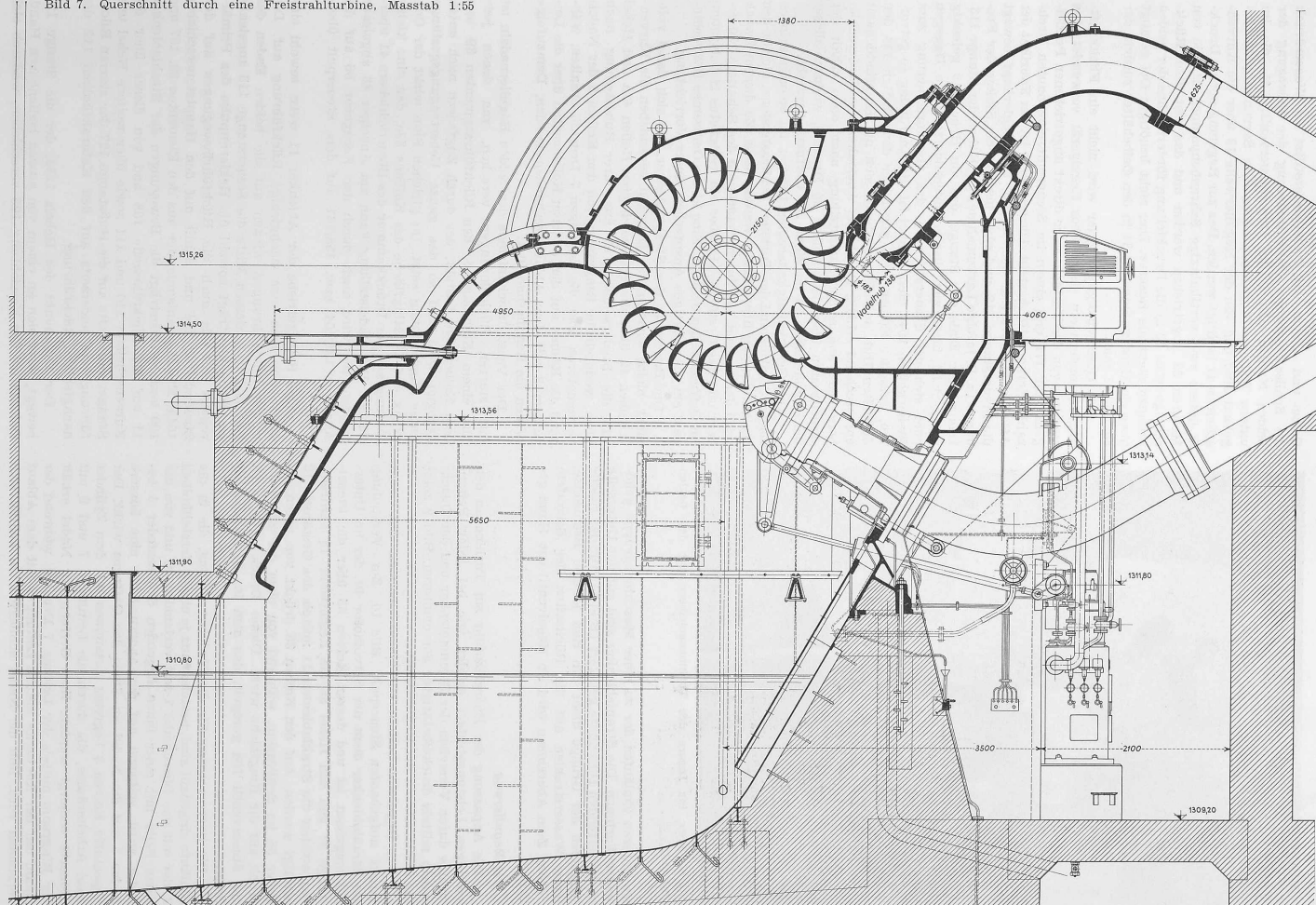


Bild 6. Längsschnitt durch eine Maschinengruppe, Masstab 1:55

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



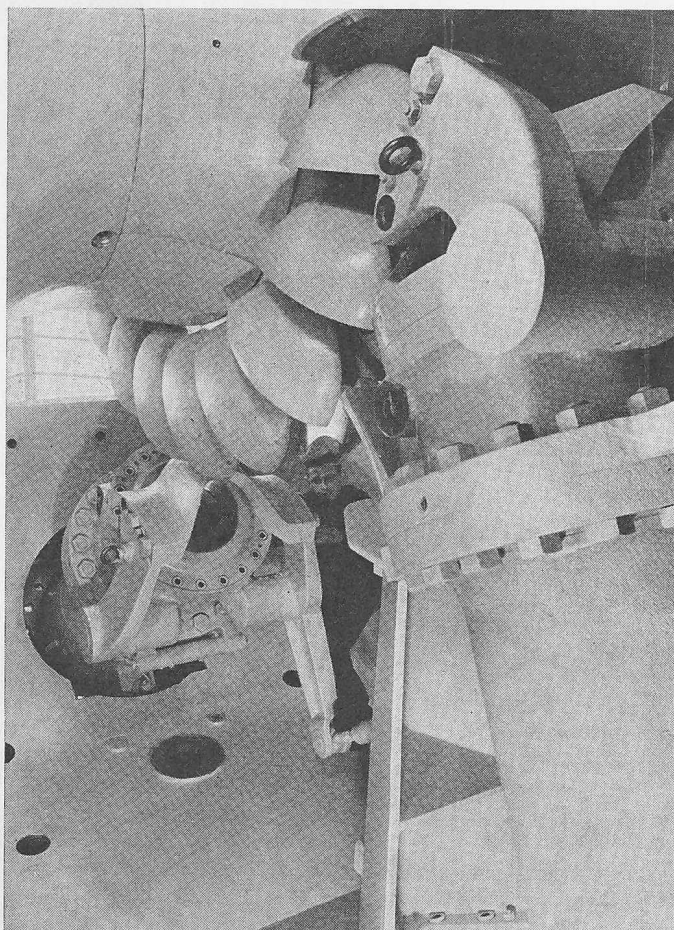


Bild 8. Blick ins Innere des Turbinengehäuses mit den beiden Einläufen

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 Unter-teil eingebaut ist und dessen Kolben 35 über die Pleuel-stange 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 be-findet.

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 be-lastet 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 ein-gebaut sind und von der Regulierwelle 13 über die Kurven-scheiben 42 betätigt werden. Das zur Regelung nötige Druck-öl liefern zwei vertikalaxige Schraubenpumpen 31, die von Motoren 32 angetrieben werden und das Öl über Rück-schlagventile 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 Fliehkraft-pendel, sondern ein elektrisches Regelgerät verwendet, das aus dem von der Turbinenwelle direkt angetriebenen Pendel-generator 174 und einem im Steuerpult eingebauten Dreh-zahlreglerkopf 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 Fre-quenz (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 getrof-fen, dass der Kolben 104a gegenüber dem Stiften 114 den doppelten Hub ausführt, wodurch sich die Empfindlichkeit entsprechend erhöht. Durch das Auslenken des Steuerschie-bers 104a aus seiner Ruhestellung nach oben erhält der Arbeitsraum über dem Kolben 35 Drucköl, wodurch dieser die Regulierwelle 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 er-regt und das Gestänge 113 über ein geeignetes Hebelsystem im Öffnungssinn betätigt. Eine kleine Ölbremse 102 verhin-dert ein schlagartiges Ansprechen dieser Vorrichtung.

Die Bewegung der Strahlableiter, die sich dabei voll-zieht, bleibt wirkungslos. Dagegen verschieben die Kurven-scheiben 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, wäh-rend die Räume auf den anderen Kolbenseiten über die Lei-tungen 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 Öl-druck auf die Ringfläche des Kolbens 39a, den eine kleine Leitung aus der Druckkammer des Steuerschiebers 41 über-mittelt. 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 über-tragen.

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 Primär-reglers 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 Rück-führung 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 Hand-rad mittels der Vorrichtung 125 verschieben, wodurch sich



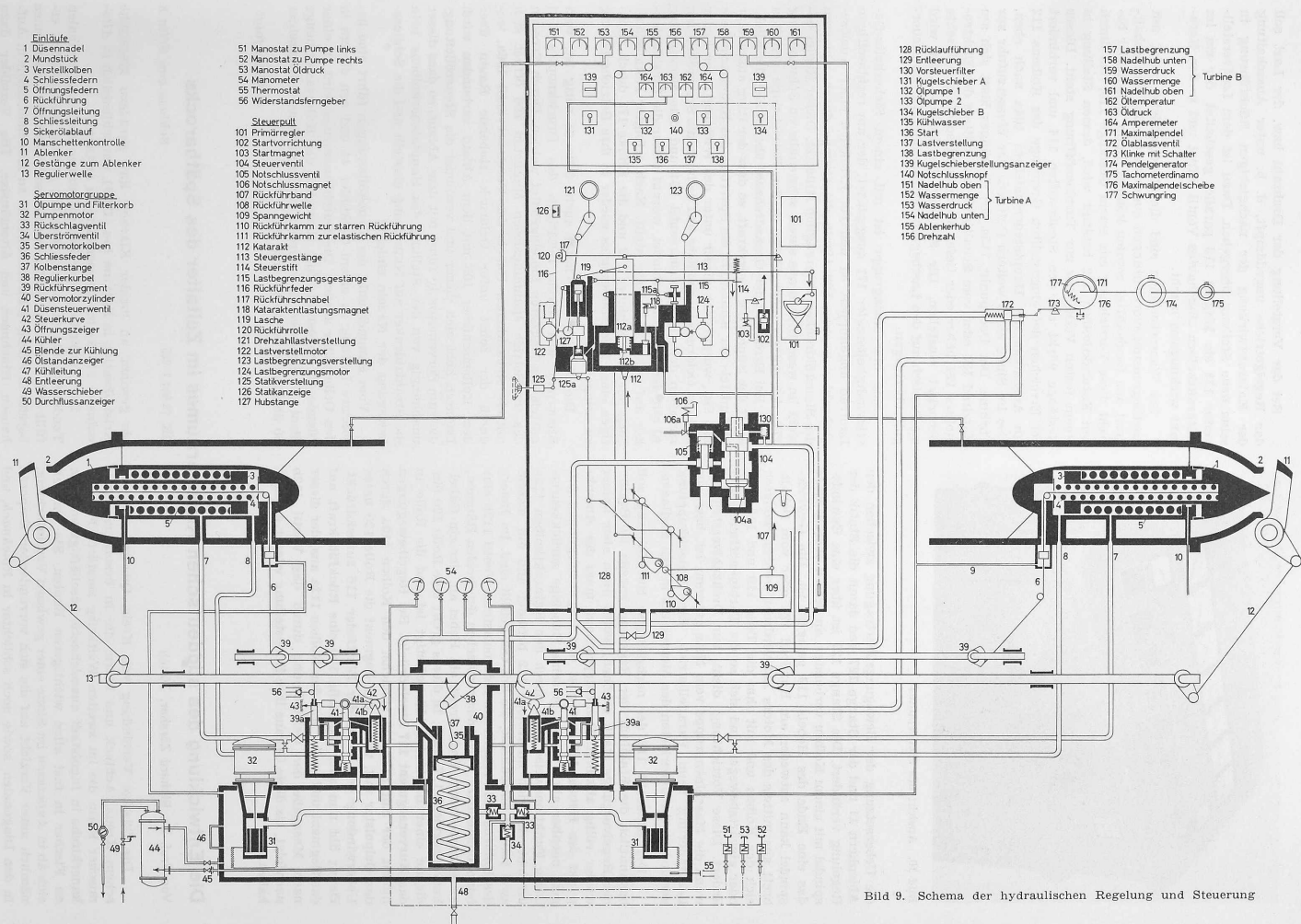


Bild 9. Schema der hydraulischen Regelung und Steuerung

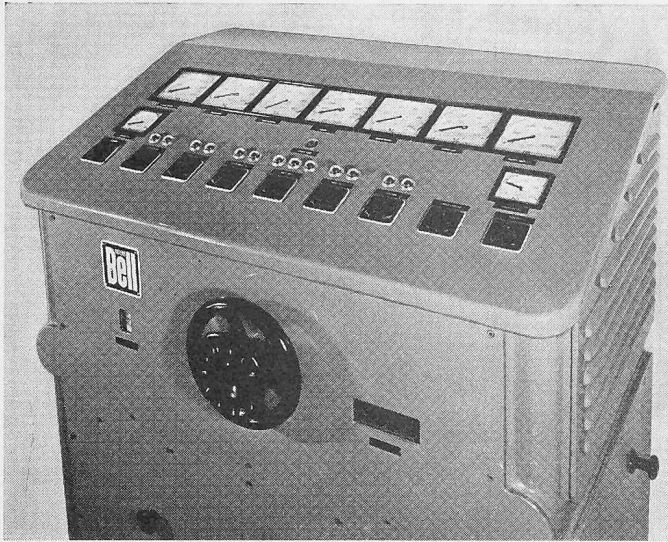


Bild 10. Ansicht des Steuerpultes

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 weiteren 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 Schwungrad 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 Geisenhafte 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