

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 72 (1954)
Heft: 28

Artikel: Das Innkraftwerk Simbach-Braunau
Autor: Innwerk Aktiengesellschaft
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-61220>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.03.2025

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

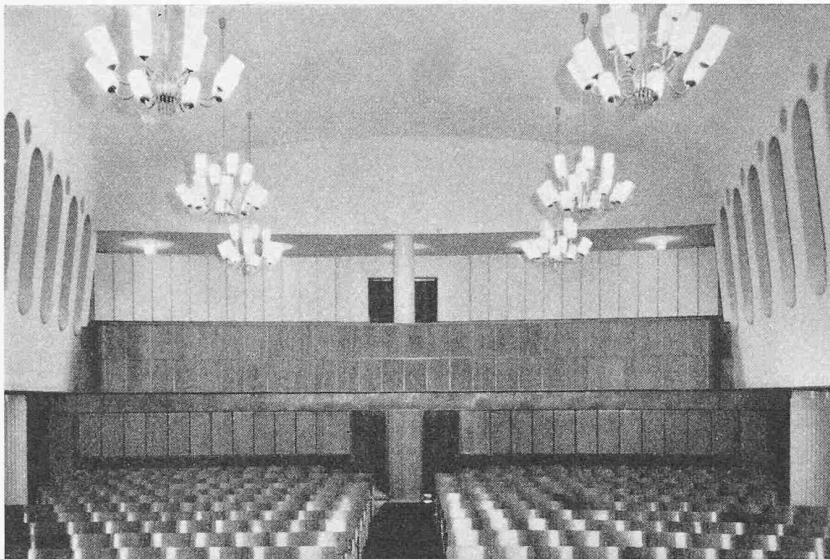


Bild 10. Stadthaus in Hanko, Finnland, Festsaal, Architekt Bertel Liljeqvist

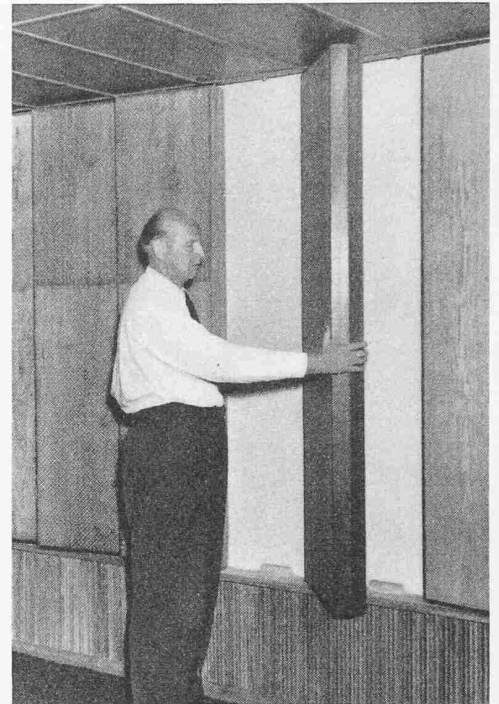


Bild 11 rechts. Saal in Hanko, mit variabler Absorption an den Wänden

stehen wieder, dazu ein ganz neues Stadthaus mit einem sehr schönen, grossen Saal, der für Gemeindeversammlungen, Vorträge, Theater und Kinodarbietungen dient. Auch hier hat der Architekt Bertel Liljeqvist in Verbindung mit Ing. Arni sehr zweckmässige Lösungen gefunden, von denen Bild 10 einen Begriff gibt. Die Seitenwände sind geneigt und durch tiefe Fensternischen akustisch aufgelöst. Ferner sind wiederum variable, drehbare Absorptionsflächen vorhanden, deren einfache Konstruktion und Betätigung Bild 11 zeigt; dadurch

Adresse des Verfassers:
Aebistr. 1, Bern

können für die so verschiedenen Verwendungszwecke jeweils optimale akustische Verhältnisse erreicht werden.

Alle diese Beispiele zeigen nicht nur architektonisch interessante Lösungen, sondern auch eine sehr sorgfältige technische Arbeit, die bis in alle Einzelheiten gepflegt ist und unsere rückhaltlose Bewunderung verdient.

Das Innkraftwerk Simbach-Braunau

Mitgeteilt von der Innwerk Aktiengesellschaft, Töging am Inn, Bayern

3. Die Regelung der Turbinen

Der Doppelregler der Turbinen, dessen Schema in Bild 42 dargestellt ist, wurde ausgelegt für eine Arbeit zur Verstellung des Leitapparates von 41 000 mkg und für eine Arbeit zur Verstellung des Laufrades von 98 000 mkg. Der Arbeitsdruck in den Servomotoren wurde auf 15 atü festgelegt, so dass im Betriebswindkessel 121 ein Höchstdruck von 25 atü herrschen muss. Als Drucköl-Speichervorrat dieses Windkessels wurde der fünffache Inhalt der Leitradservomotoren und der dreifache Inhalt des Laufradservomotors angenommen.

Beim Versagen des Reglers und Durchgehen der Maschine wird das Laufrad in die Schliessstellung gebracht (Lau-

rad-Notschluss). Zur Bereitstellung des hierfür erforderlichen Arbeitsvermögens dient ein Notwindkessel 122, der mit dem Betriebswindkessel äusserlich eine Einheit bildet. Dieser Notwindkessel enthält ein vollständiges Schliessvolumen für das Laufrad; ferner ist noch so viel Drucköl darin aufgespeichert, dass beim Notabschluss des Laufrades auch noch der Leitapparat geschlossen werden kann, sofern er nicht blockiert ist. Der Druck im Notwindkessel vor Beginn des Notschlusses ist auf 38 atü festgelegt, wobei die Aufladung mittels einer verhältnismässig kleinen motorbetriebenen Ölpumpe 143 für 330 l/min Förderung erfolgt. Das Drucköl-

DK 621.29

Fortsetzung von Seite 394

Legende zu Bild 42

- | | | | |
|---|--|---|--|
| 1 Druckschalter für Reservepumpe | 24 Pendelantriebsmotor | 120 Einstellung der permanenten Statik (Ungleichförmigkeit) | 154 Laufrad-Voröffnung |
| 2 Druckschalter für Minimaldruckventil (Notschluss) | 25 Sickerwasserpumpe | 121 Betriebswindkessel | 155 Schaltventil zu 154 |
| 3 Druckschalter für Notschluss | 26 Generatorbremsen | 122 Notwindkessel | 156 Laufrad-Handsteuerung |
| 4 Druckschalter für Notpumpe | 27 Schaltventil zu 26 | 123 Druckpumpe I (Betrieb) | 157 Leitapparat-Handsteuer-ventil |
| 5 Druckschalter für Notwindkessel (Alarm) | 28 Druckluftspeicher für 26 | 124 Wechselventil zu 123 | 158 Umschalthahn auf Handsteuerung |
| 6 Druckschalter für Ausfall des Pendelantriebes | 29 Druckschalter für 28 | 125 Druckpumpe II (Reserve) | 159 Riegelblockierung der Handsteuerung |
| 7 Druckschalter für Schnellschluss | 30 Kompressoraggregat 42 m ³ /h, 42 atü | 126 Wechselventil zu 125 | 160 Hydr. Riegelbetätigung |
| 11 Kaplanlaufrad | 31 Kühlwasserventil | 127 Oelfilter | 161 Sperreinrichtung |
| 12 Leitapparat | 32 Schmierapparat für 12 | 128 Belüftungskessel | 162 Steuerkolben zu 161 |
| 13 Turbinenwelle | 100 Steuerwerk des Reglers | 129 Schaltventil zu 128 | 163 Magnetventil für Schnellschluss |
| 14 unteres Führungslager (fettgeschmiert) | 101 Reglerpendel | 130 Luft-Rückschlagventil | 164 Schaltventil f. Schnellschluss, Notschluss und Riegel |
| 15 oberes Führungslager mit Öelzuführung zu 17 | 102 Pendelstift | 131 Kugel-Rückschlagventil | 165 Schaltventil für Rückstellung von Schnellschlussventil und Sicherheitsregler |
| 16 Schmierapparat für 14 | 103 Steuerbüchse | 132 Luftsaugrohr | 166 Kurvenzusammenhang für Laufrad-Leitapparat bei Abschaltungen |
| 17 Laufrad-Servomotor | 104 Rückführung des Steuerwerkes | 133 Sicherheitsventil zu 121 | 167 Blockierventil zu 160 für Leitrad bei eingerücktem Riegel. Diese Sicherung ist erforderlich, weil mit der Laufrad-Handsteuerung über 166 das Leitrad sonst geöffnet werden könnte. |
| 17a Entlüftung zu 17 | 105 Steuerwerk-Hilfskolben | 134—137 hydr. Absperrventile | 168 Regleröl-Kühlung |
| 18 Leitapparat-Servomotor | 106 Drehzahlverstellung | 138—141 Schaltventile für 134—137 | |
| 19 Leitapparat-Riegel | 107 Handrad zur Drehzahlverstellung | 142 Messleitung | |
| 20 Polrad | 108 elektrische Drehzahlverstellung | 143 Notölpumpe | |
| 21 Sicherheitsregler | 109 Oeffnungsbegrenzung | 144 hydr. Absperrventil zu 122 | |
| 22 Ventil zu 21 | 110 Handrad zur Oeffnungsbegrenzung | 145 Schaltventil zu 144 | |
| 23 Pendelantriebsgenerator | 111 elektrische Hubbegrenzung | 146 Sicherheitsventil zu 122 | |
| | 112 Pendeldämpfung | 147 Minimaldruck-Ventil (Notschluss) | |
| | 113 Einstellung der temporären Statik (Dämpfung) | 148 Leitapparat-Steuerventil | |
| | 114 Einstellung der Isodromzeit | 149 Leitapparat-Rückführung | |
| | 116 Vorsteuerpumpe | 150 Laufrad-Steuerventil | |
| | | 151 Laufrad-Steuerwalze | |
| | | 152 Kurvenverstellung | |
| | | 153 Kettenspanner für Laufrad-Rückführung | |

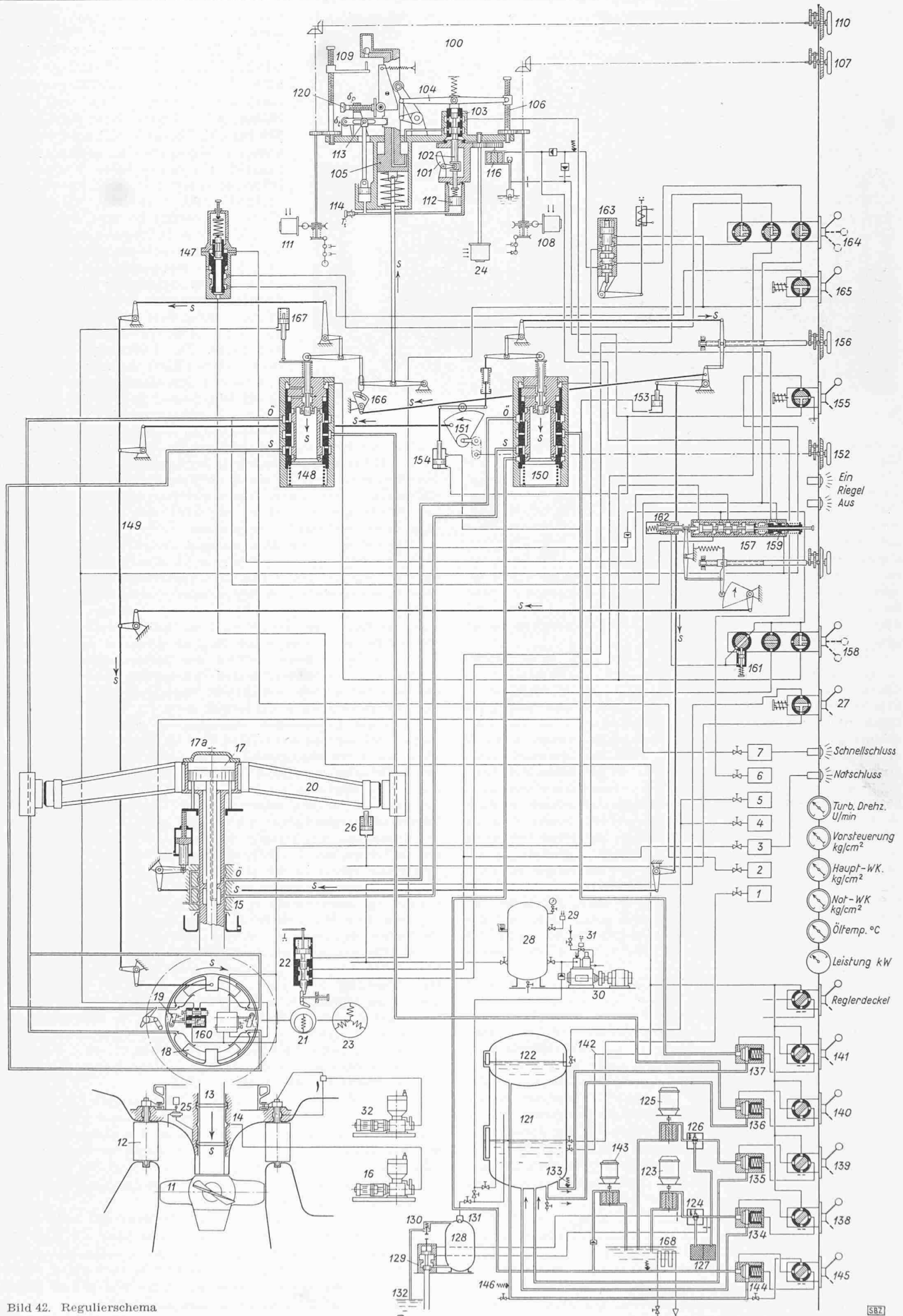


Bild 42. Reglerschema

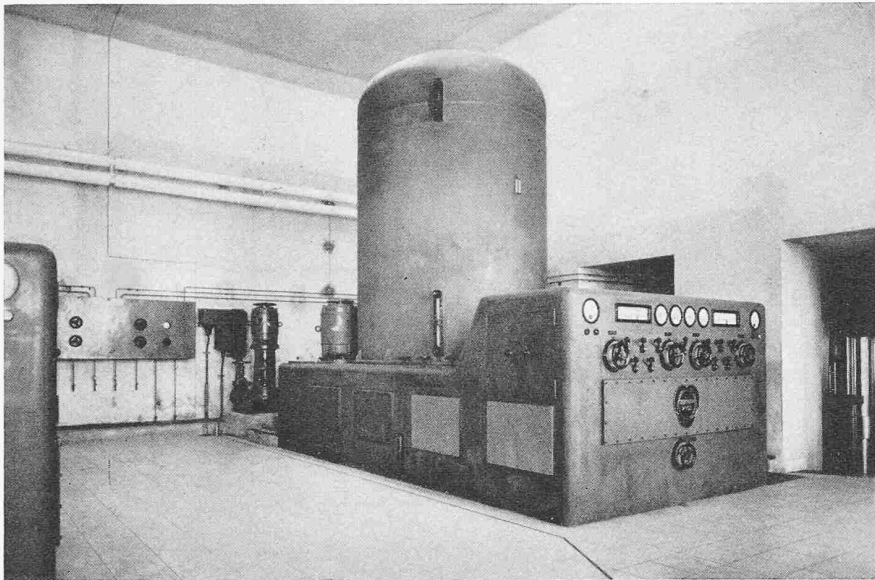


Bild 43. Turbinenregler im Krafthaus Simbach-Braunau am Inn

system für den Laufrad-Notschluss einschliesslich der Druckerzeugung ist somit von der Druckerzeugung und -verteilung für die normale Drehzahlregelung der Turbine vollständig getrennt; die Notschlussbetätigung des Laufrades stellt also eine sehr weitgehende Sicherungseinrichtung dar, die unter anderem die Anordnung von Schnellschlusschützen, die im vorliegenden Fall riesenhafte Abmessungen erhalten müssten, entbehrlich macht. Die Speicherung des Drucköles für den Laufradnotschluss in einem besonderen Notwindkessel schien wesentlich höhere Sicherheit zu bieten als die Erzeugung dieses Drucköles erst im kritischen Notfall durch eine starr angetriebene, verhältnismässig grosse Notölpumpe.

Die hier verwendete Notpumpe wird über einen Druckschalter selbsttätig zu- und abgeschaltet, sie hält den Notwindkessel dauernd betriebsbereit; die Pumpe springt natürlich bei Druckentnahme aus dem Notwindkessel sofort an. Dank der Speicherung der Schliessenergie kann der Notschluss rasch (d. h. in etwa 8 s) vollzogen werden, wodurch ein Hochgehen der Maschine auf volle Durchbrenndrehzahl ausgeschlossen ist. Da das Laufrad in geschlossener Lage Schliessentendenz hat, ein selbsttätiges Wiederöffnen also nicht befürchtet werden muss, besteht auch dann keine Gefahr, wenn die Notpumpe nach vollzogenem Notschluss stromlos würde. Da jedoch ein Dieselsatz für die Notstromversorgung vorhanden ist, so dürfte dieser Fall kaum eintreten. Ausser dem Druckschalter zur Betätigung der Notpumpe ist noch ein zweiter, tiefer eingestellter Druckschalter vorhanden, der beim Versagen der Schalteinrichtung und Absinken des Druckes unter 36 atü ein Warnsignal gibt. Diese Art des Notabschlusses kann als äusserst betriebssicher gewertet werden und hat sich in einer Reihe von Anlagen bestens bewährt.

Der eigentliche Betriebswindkessel 121 wird durch zwei ebenfalls motorisch angetriebene Schraubenpumpen 123 und 125 für je 700 l/min mit Drucköl versorgt. Diese verhältnismässig grosse Fördermenge wurde gewählt, weil der Ölverbrauch des oberen Führungslagers mit der Oelzuführung zum Laufradservomotor mit zunehmender Lagerabnutzung allmählich zunehmen kann. Der Elektromotor der einen dieser Pumpen (Hauptpumpe 123) wird mit elektrischer Energie aus dem Hilfsgenerator jeder Maschine betrieben; diese Pumpe läuft dauernd. Bei starkem Absinken des Windkesseldruckes wird diese Pumpe über das Wechselventil 124 auf Förderung in den Windkessel geschaltet; die Umschaltung auf Leerlauf erfolgt über dieses Wechselventil, sobald der Normaldruck im Windkessel wieder erreicht ist. Der Motor der andern Pumpe (Reservepumpe 125) wird aus der Eigenbedarfsversorgung gespeist und über einen Druckschalter zugeschaltet, sobald der Windkesseldruck sehr weit abgesunken ist. Auch diese Pumpe besitzt ein Wechselventil 126. Die Betriebssicherheit dieser Druckölanlage kann wie diejenige einer Anlage mit einer mechanisch von der Maschinenwelle

aus angetriebenen Pumpe bewertet werden.

Die Luftversorgung des Betriebswindkessels erfolgt selbsttätig durch eine hydraulische Belüftungseinrichtung, die im wesentlichen aus einem Hilfskessel 128 und einem Schaltventil 129 besteht. Dieses Ventil wird vom genannten Wechselventil gesteuert und bewirkt ein wechselndes Füllen des Hilfskessels mit Luft bzw. Drucköl. Im übrigen steht noch eine vollständige Kompressoranlage 30 zum erstmaligen Auffüllen des Betriebswindkessels sowie zum gelegentlichen Nachfüllen von Luft in den Notwindkessel zur Verfügung. Erfahrungsgemäss arbeitet diese Selbstbelüftung des Betriebswindkessels so zuverlässig, dass der Kompressor nur höchst selten zu Hilfe genommen werden muss. Der Luftkompressor dient auch noch zur Bereitstellung von Druckluft für die Generatorbremsen 26, die in einem Windkessel 28 von 400 l Inhalt unter 10 atü gespeichert wird. Die Steuerung des Kompressors übernimmt,

ähnlich wie bei den Hauptwindkesseln, ein Druckschalter 29; da der Kompressor Wasserkühlung besitzt, wirkt der Druckschalter zunächst auf ein Magnetabsperrentil 31 für das Kühlwasser; erst wenn dieses geöffnet und der Durchfluss des Kühlwassers gesichert ist, wird der Kompressormotor über einen Endscharter angelassen.

Da beträchtliche Abmessungen der Oelleitungen zu den Reglerwindkesseln und von diesen zu den Steuerventilen notwendig waren, wurden für die Absperrungen an den Windkesseln hydraulisch betätigte Absperrventile 134 bis 137 entwickelt. Diese gestatten eine räumlich beliebige Unterbringung im Regler und sind über kleine Schalthähne 138 bis 141 an der Bedienungswand des Reglers leicht zu bedienen und zu überwachen. Beim Öffnen der hydraulischen Absperrventile wird die angeschlossene Rohrleitung zunächst gefüllt und das betreffende Ventil erst dann geöffnet, wenn diese Leitung unter etwa 3 atü Druck steht.

Um ein formschönes Aussehen zu erzielen, wurde der Regler in Kastenbauart erstellt, Bild 43. Dabei sind das Steuerwerk zur Drehzahlregelung, alle Ventile und alle Leitungen im Oelbehälter eingebaut. Selbstverständlich sind alle Elemente, die zugänglich sein müssen, über dem Oelspiegel angeordnet und durch ausreichend bemessene Fenster und Türen am Reglerkasten zugänglich gemacht. Diese Bauart hat ausserdem den Vorzug, dass sich verhältnismässig kurze Rohrleitungen für das Drucköl ergeben und dass der grösste Teil dieser Rohre in der Werkstatt angepasst und eingebaut werden kann; die Rohrmontage auf der Baustelle umfasst deshalb nur noch die Rohre vom Regler zu den Servomotoren.

Um eine übersichtliche Bedienung des Reglers zu ermöglichen, wurde seine Vorderseite als Schalttafel ausgebildet. Es sind auf ihr nicht nur sämtliche Bedienungshebel und Handräder, sondern auch alle Messinstrumente zur Ueberwachung der Leistung, der Drehzahl, der Drücke und der Temperaturen des Oeles usw. angeordnet. Der Maschinist hat hierbei nicht den Eindruck, vor einer Schalttafel zu stehen, er übersieht vom Bedienungsplatz aus auch noch die gesamte Maschine (Riegel, Welle, Servomotoren). Dies ist für das Anfahren und Abstellen des Maschinensatzes schon rein psychologisch von grossem Wert.

Während im hinteren Teil des Reglerkastens die Druckerzeugung mit Pumpen und Windkessel untergebracht ist, enthält der vordere Raum des Kastens das Steuerwerk und die Steuerventile für Laufrad und Leitapparat. Ferner sind sämtliche Einzelventile für die Ueberwachung des Windkessels (Minimaldruckventil) sowie für Schnellschluss- und Notschluss darin angeordnet.

Der Unterschied zwischen Schnellschluss und Notschluss besteht darin, dass auf den Schnellschluss über ein Magnetventil 163 sämtliche Störungen auf der elektrischen Seite und an der Turbine (Lager) einwirken, worauf die Turbine auf normale Weise geschlossen wird; der Notschluss dagegen tritt nur bei Ueberdrehzahl oder bei abnormalem Unter-

druck im Reglerwindkessel in Tätigkeit. Zu diesem Zweck ist an der Maschine ein als labiles Fliehkraftpendel ausgebildeter Sicherheitsregler 21 angebaut. Zur Ueberwachung des Windkesseldruckes dient ein auf Unterdruck ansprechendes Ventil 147 (Minimaldruckventil). Beide Einrichtungen bewirken die Umschaltung einer Notbüchse im Laufradventil 150, durch die der Notwindkessel unmittelbar mit der Schliessseite des Laufradservomotors verbunden und die Oeffnungsseite entlastet wird. Nach vollzogenem Laufradnachtschluss ist auch bei voll geöffnetem, etwa blockiertem Leitapparat die Maschinendrehzahl nur wenig erhöht, so dass für die Lager der Maschine auch bei längerem Notzustand keine Gefahr besteht. Ferner wird der Wasserdurchfluss durch die geschlossenen Laufschaufeln so gedrosselt, dass die Damm-balken ohne Behinderung eingesetzt werden können.

Das Steuerwerk 100 des Reglers ist mit einem hochempfindlichen Fliehkraftpendel 101 ausgerüstet, das über eine «elektrische Welle» 23—24 mit der Maschinenwelle gekuppelt ist. Bei dem vorliegenden Regler ist ein unmittelbar geschlossener Regelkreis angewandt, d. h. die Rückführung im Vorsteuerkreis 104 wird nicht von den Leitradservomotoren 18, sondern vom Vorsteuerservomotor 105 abgenommen. Ausser den Einrichtungen für Drehzahlverstellung 106 und Oeffnungs-(Hub-)Begrenzung 109, die auch von der Warte aus durch die Motoren 108 und 111 gesteuert werden können, sind noch Möglichkeiten zur Einstellung der permanenten Statik 120 (Ungleichförmigkeitsgrad), der temporären Statik 113 sowie der Isodromzeit 114 geschaffen. Das Drucköl für die Vorsteuerung wird durch eine vom Pendelmotor angetriebene kleine Vorsteuerpumpe 116 geliefert; diese überwacht gewissermassen den Pendelantrieb, indem bei Ausfall der elektrischen Welle das Steuerwerk drucklos wird und der Vorsteuerservomotor unter Federdruck schliesst. Die Vorsteuerpumpe hat ferner den Vorteil, dass das Steuerwerk mit völlig gleichbleibendem Oeldruck versorgt wird, während beim Anschluss an den Betriebswindkessel mit im Rahmen des Schaltspiels des Druckautomaten wechselnden Drücken gerechnet werden muss, was die Empfindlichkeit des Steuerwerkes etwas beeinträchtigen würde. Nur beim Anfahren wird über einen besonderen Schalthahn kurzzeitig Drucköl dem Betriebswindkessel entnommen.

Der Leitapparat 12 wird in einem sekundären Regelkreis gesteuert. Der Impuls geht dabei vom Vorsteuerservomotor 105 und die Rückführung 149 vom Leitradservomotor 18 aus. Das Oeffnen des Leitrades kann nur erfolgen, wenn die beiden Riegel 19 ausgerückt sind; zu diesem Zweck sind an den Riegeln hintereinandergeschaltete hydraulische Riegelbetätigungen 160 angebaut, die bei eingerückter Riegelstellung den Druckölzufluss zum Steuerwerk sperren. Eine besondere Einrichtung am Leitradsteuerventil 148 hält dieses darüber hinaus noch so lange in Schliessstellung, bis der Leitapparat entriegelt ist.

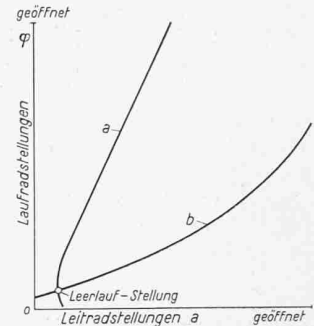
Der Impuls zur Laufradsteuerung wird sekundär vom Leitapparat abgenommen. Um den bestmöglichen Turbinenwirkungsgrad zu erzielen, sind besondere Steuerkurven 151 für verschiedene Fallhöhen eingeschaltet, die den günstigsten Zusammenhang zwischen den Leitapparat- und Laufradstellungen sichern. Das Voröffnen des Laufrades beim Anfahren der Maschine besorgt ein besonderer Kolben 154, der beim Anfahren vorübergehend gleichzeitig mit dem Steuerwerk Drucköl bekommt. Für die Laufradrückführung wurde die bereits erwähnte, in einem Rohr geführte Rollenketten verwendet, die sich gut bewährt. Die Leitradrückführung ist mit Gestängen ausgeführt, weil hier äusserste Genauigkeit gefordert werden muss.

Da die Erregermaschine über einen mit der Maschine starr gekuppelten Hilfsgenerator angetrieben wird, sind bezüglich Drehzahlanstieg und -abfall bei Laständerungen von elektrischer Seite gewisse Einschränkungen geboten. Im besonderen muss eine Drehzahlabsenkung unter den Normalwert nach Möglichkeit vermieden werden. Um dies zu erreichen, ist eine besondere Leitradblockierung, die vom Laufrad ausgeht, eingerichtet worden. Es ist bekannt, dass bei geöffnetem Laufrad der Leitapparat nicht ganz geschlossen werden muss, um die Leistung auf Null zu bringen. So kann ohne weiteres hierbei eine Leitradöffnung von etwa 40 % zugelassen werden. Werden bei offenem Laufrad diese 40 % unterschritten, so läuft die Turbine im Gebiet der Bremswirkung, werden sie überschritten, so gibt die Ma-

Bild 44. Zusammenhang zwischen Leitrad- und Laufradstellungen

a = Leerlauf-Kennlinie für $n = 100 \%$

b = günstigster betriebsmässiger Zusammenhang zwischen Leitrad- und Laufstellung



schine noch Leistung ab. Diese Verhältnisse gehen hervor aus Bild 44, in dem die Leerlaufkennlinie a für Normaldrehzahl und der Zusammenhang b zwischen Leitapparat- und Laufrad-Oeffnung für besten Wirkungsgrad dargestellt sind. Der Schnittpunkt dieser beiden Linien ergibt die Leerlaufstellung. Die erwähnte Blockierung ist nun so gewählt, dass bei einer Abschaltung des Leitrad nur bis zur Leerlaufkennlinie rasch schliessen kann. In dem Mass, wie nun auch das Laufrad schliesst, wird das Leitrad durch die Blockierung bis zur Leerlaufstellung nach der Leeraufkennlinie $n = 100 \%$ gebracht, die in Form einer besonderen Steuerkurve 166 in die Steuerung eingeführt wird. Die mit dieser Steuerungsart erzielten Abschaltprogramme werden in einer späteren Veröffentlichung gezeigt.

Sowohl für den Leitapparat als auch für das Laufrad ist eine Handsteuerung 156 und 157 vorhanden; erstere kann mit Oel aus dem Betriebswindkessel, wahlweise mit Notdrucköl betrieben werden. Beim Umschalten auf Handsteuerung bei 158 wird durch eine im Steuerventil angebrachte federbelastete Schaltbüchse die normale Steuerung ausgeschaltet. Handbetrieb kann notwendig werden bei etwaigen Störungen im Regler oder wenn Ueberschuss-Wasser durch die Turbinen mit Ueberdrehzahl abgeführt werden muss, etwa bei Hochwasser oder einer Totalabschaltung, bis das Ueberschusswasser über das Wehr abgeführt wird. Diesem Zweck dient auch die Laufradhandsteuerung, die lediglich als Verstellglied in der Laufradrückführung ausgeführt ist, und mit deren Hilfe das Laufrad, unabhängig vom Leitapparat, vollständig geöffnet werden kann.

Im Regler Braunau besteht eine strenge Trennung zwischen seinem hydraulischen und elektrischen Teil. Die elektrischen Geräte, wie Druckschalter, Motoren, Magnete können somit nicht unter Oel oder Oeldunst leiden. Das Steueröl wird ausser durch ein mechanisches Filter noch über Magnetfilter geleitet, durch die auch kleinste magnetisierbare Teile (z. B. Abrieb in den Lagern) aus dem Oel ausgeschieden werden.

Erwähnenswert ist noch die bei jeder Turbine eingebaute Differenzdruck-Messeinrichtung, die die Wasserdrücke an zwei Stellen der Turbinenspiralkammer mit verschiedener Höhe des dortigen Wasserdruckes anzeigt; durch geeignete Wahl der Anschlusspunkte für einen höheren und einen niedrigeren Druck (an einer Stelle höherer Geschwindigkeit) ergibt sich bei grösster Beaufschlagung der Turbine eine Druckdifferenz von etwa 1 m W. S. Diese Druckdifferenz steht in einem gesetzmässigen Zusammenhang mit der Durchflusswassermenge; sie kann also unmittelbar als ein Mass für diese gewertet werden. Diese Messeinrichtung wird bei den Abnahmeversuchen an einer oder mehreren Turbinen durch Flügelmessungen geeicht; sie hat aber auch schon im nicht geeichten Zustand grosse Bedeutung nur zu Vergleichsmessungen, um den günstigsten Zusammenhang zwischen der Leitapparat- und dazugehörigen Laufradstellung bei verschiedenen Fallhöhen zu ermitteln. Die zu vergleichenden Wasserdrücke aus der Spirale können sehr genau durch Standrohre in Meter W. S. gemessen werden. Zur laufenden Messung und etwaigen Aufschreibung der durch Differenzdruckmessung ermittelten Wassermengen sind Schwimmermanometer vorgesehen, die bei eingebautem Fernsender auch eine Fernübertragung der Messwerte erlauben.

c) Zusätzliche Anlagen

1. Kühlwasserbeschaffung

Das Kühlwasser für die Generatorluftkühler und für die Kühlung des Spurlager- und des Regleröles wird der Turbinenkammer entnommen und über eine motorgetriebene

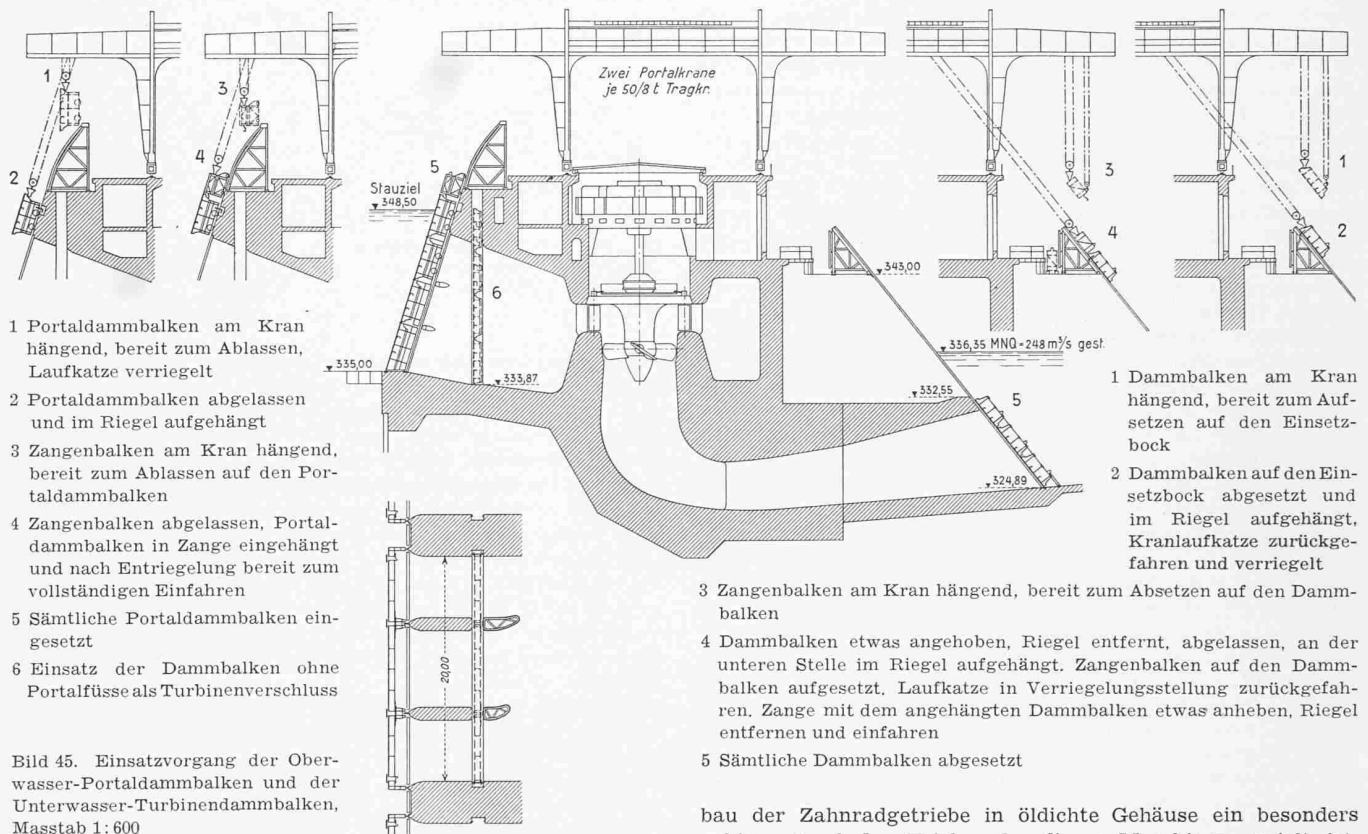


Bild 45. Einsatzvorgang der Oberwasser-Portaldammbalken und der Unterwasser-Turbinendammbalken, Masstab 1: 600

Kühlwasserpumpe wieder in die Spirale zurückbefördert, so dass bei diesem Kreislauf nur die hydraulischen Widerstände in den Kühlern, Rohrleitungen usw. zu überwinden sind. Die Entnahmestelle in der Spirale ist durch einen enggelochten Seiher abgesichert. Um eine Verstopfung der Oelkühler durch die zeitweilig starke Verunreinigung des Flusswassers durch Sand und Schlamm, Gräser, Laub, Holzstückchen usw. zu verhindern, ist jedem Maschinensatz neben der für eine Lieferung von 50 l/s ausgelegten eigentlichen Kühlwasserpumpe eine besondere Spülwasserpumpe mit einer Förderleistung von 80 l/s und entsprechend grösserer Förderhöhe zugeordnet. Mit dieser Spülwasserpumpe wird in kritischen Zeiten das ganze Kühlwassersystem gründlich durchgespült.

Von der Aufstellung einer sogenannten «Hausmaschine», wie sie in einigen anderen Anlagen am Inn eingebaut ist, wurde in Braunau abgesehen, da die Versorgung mit Eigenbedarfsstrom für die Maschinen-Hilfsbetriebe und die Entwässerungspumpwerke auf andere Weise weitgehend sichergestellt ist.

2. Rechenanlage

Zu der bereits bei der Betrachtung der Gesamtanordnung des Kraftwerkes Braunau erwähnten Rechenanlage vor den Turbineneinläufen ist nur zu bemerken, dass die mit einem lichten Abstand von 140 mm zwischen den beiderseits abgerundeten Flacheisenstäben 120 × 20 mm ausgebildeten Rechenfelder von 12,6 m Stablänge für einen grössten Unterschied der Wasserspiegel vor und hinter dem Rechen von 2,5 m ausgelegt sind, was ihre Abstützung durch zwei als Hohlkörper mit strömungsgünstigem Profil geschweisste Längsabstützungen erforderlich macht. Jedes Rechenfeld kann mit Hilfe eines der erwähnten Portalkrane für sich ausgehoben und wieder eingesetzt werden, ohne den Stau zu verändern. Hierzu dient ein durch die Rechenfeldtraversen fassender Greifer.

Um den zeitweilig sehr starken Andrang von Schwemmzeug aller Art sicher beherrschen zu können, sind in Braunau von vornherein zwei auf der gleichen Bahn verfahrbare Rechenreinigungsmaschinen mit elektrischem Antrieb der Hub-, Fahr- und Schwenkwerke beschafft worden. Die Bauart und Wirkungsweise dieser Rechenreinigungsmaschinen, die mit einem besonders schweren Putzwagen versehen sind, um die vor dem Rechen sich ansammelnde Treibzeugmatte durchstossen zu können, bietet insofern neues, als durch Ein-

bau der Zahnradgetriebe in öldichte Gehäuse ein besonders ruhiger Lauf der Triebwerke dieser Maschinen erzielt ist. Für die Wegschaffung des geförderten Rechengutes dienen sechs mit hydraulischer Kippvorrichtung versehene Muldenkipper, die von einer Diesellokomotive zu einem seitlichen Abwurfplatz befördert werden.

3. Dammbalkenverschlüsse

Für den oberwasserseitigen Abschluss der Turbinenkammern sind zwei Sätze Dammtafeln vorhanden, je bestehend aus fünf stahlgeschweissten Einzeldammtafeln von je 3 m Höhe, so dass eine Gesamthöhe von 15,0 m abgeschlossen werden kann. Diese Verschlusshöhe ist so gross gewählt, damit der Dammbalkenverschluss bis über das Stauziel reicht und eine obere Längsdichtung nicht erforderlich wird. Im übrigen ist für die Sohlen-, Längs- und Seitendichtungen wiederum nur Eisen und Gummi verwendet, also von Holz für die Dichtungsleisten vollständig abgesehen.

Die genannten Dammtafeln, die sich auf die in jedem Turbineneinlauf eingebauten zwei Zwischenpfeiler abstützen, also viermal gestützt sind, werden mit Hilfe der beiden Kraftwerkkrane in armierte Nischen der Turbinenkammerwände bzw. in die Lücke der aus einem vorderen und einem hinteren Teil bestehenden Zwischenpfeiler eingelassen. Der Vorgang des Einsetzens der Dammbalken geht aus Bild 45 hervor. Damit auch dann noch ein rascher Abschluss einer Turbinenkammer in Gefahrenfällen möglich ist, wenn bei ganz oder teilweise blockiertem Leitapparat noch erhebliche Wassermassen durch die Turbine abströmen, sind die beiden oberen Tafeln mit Laufrollen versehen, während die unteren drei Tafeln nur Gleitführung besitzen; die wesentlich geringere rollende Reibung der oberen beiden Tafeln ermöglicht ihren Einsatz und damit den restlichen Abschluss einer Turbinenöffnung, wenn über den bereits eingesetzten unteren Gleitflächen noch eine erhebliche Strömung in Form eines starken Ueberfalles herrscht. Für den Dammtafeleinsatz dient eine besondere Greiferzange, die an dem Haupthaken der beiden Kraftwerkkrane hängt und eine selbsttätige Lösung des unter Wasser eingesetzten bzw. eine selbsttätige Fassung der herauszuholenden Tafel ermöglicht.

Die als Notverschluss hinter dem Rechen eines Turbineneinlaufes einsetzbaren Dammbalken von 21,2 m Gesamtstützweite können durch Anbau seitlicher Füsse und einer Erhöhung der mittleren Abstützungen so verbreitert und ausgestaltet werden, dass sie als Portaldammtafeln auch vor dem Rechen eines Turbineneinlaufes eingesetzt werden können; auf diese Weise wird ein ausreichender Arbeitsraum

für Nacharbeiten am Rechen geschaffen, ohne den Stau vermindern oder ablassen zu müssen. Auf Bild 45 zeigen links Pos. 1 bis 5 den Einsatzvorgang vor dem Rechen und Pos. 6 denjenigen als Notverschluss hinter dem Rechen. Selbstverständlich kommt jeweils nur die eine dieser beiden Möglichkeiten in Frage.

4. Modellversuche

Der Projektbearbeitung und Konstruktion der Turbinen gingen ausführliche Modelluntersuchungen voraus, die wegen der Bedeutung der Anlage in zwei voneinander vollständig unabhängigen Versuchsanstalten durchgeführt wurden. Mit Ausnahme von Sonderuntersuchungen wurden die Versuche an Modellen, welche der Grossausführung in allen Teilen vollkommen ähnlich waren, im Masstab 1:9,9 bzw. 1:8,7 angestellt. Dabei ging es weniger um die Bestimmung der geeignetsten Laufradform, da ja den Turbinenbau-Firmen heute eine Anzahl von bewährten Typen für jeden Zweck zur Verfügung steht, sondern in erster Linie um die Ermittlung der hinsichtlich des Turbinenwirkungsgrades günstigsten Spiralen- und Saugrohrform.

Was die Spirale anbelangt, so wurden die Auswirkung einer seitlichen Verschiebung der Symmetrieebene, die Ausbildung der Einlaufpfeiler in gekrümmter und gerader Ausführung, sowie mit und ohne Dammbalkenschlitzen, eine Aenderung der Sohlenneigung und der Wölbung der Stüttschaufeln untersucht. Es ergab sich, dass bei einem Zusam-

menfallen der Symmetrieebene von Spirale und Saugschlauch, das aus bautechnischen Gründen zunächst angestrebt wurde, der Turbinenwirkungsgrad vermindert wird und die Geschwindigkeitsverteilung ungünstiger ausfällt.

Die untersuchten Aenderungen am Saugschlauch betrafen die Länge und Sohlenneigung sowie die Stützwand in Saugrohrmitte. Hier zeigte sich, dass bei einer Erhöhung des Steigungswinkels der Saugschlauchsohle von 4 auf 8° bereits Wirkungsgradeinbussen bis zu 0,5 % eintreten. Wird das Saugrohr von 5,36 D₁ auf 4 D₁ (D₁ Saugschlauchweite an der engsten Stelle hinter dem Laufrad) verkürzt, so ergibt das ein Absinken des Wirkungsgrades bei starker Beaufschlagung um 2 %.

Weitere Versuche zeigten, dass sich bei Verwendung eines kugelförmigen Laufradmantels etwas niedrigere Wirkungsgrade ergeben als im Falle eines halbkugelförmigen Mantels. Der Ermittlung der zulässigen Kavitationsgrenzen dienten Messungen an einem kleineren Modell in den Kavitationsversuchsständen der befragten Firmen.

Nach Abschluss dieser Einzeluntersuchungen wurde schliesslich unter Anwendung der gefundenen günstigsten Aenderungen durch sehr ausführliche Messungen das Muschel-diagramm für die Modellturbine ermittelt, das über das Verhalten der Turbine in ihrem ganzen Arbeitsbereich Aufschluss gibt. Ueber das Ergebnis der Abnahmeversuche zur Ermittlung der erreichten Turbinenwirkungsgrade soll später berichtet werden.

Fortsetzung folgt

Neue Studien über die Energiewirtschaft der Schweiz

DK 620.9

Vorbemerkung der Redaktion. In Nr. 14 vom 3. April 1954 erschien ein Auszug aus dem Bericht I des Schweizerischen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz. Inzwischen hat uns der Präsident dieses Komitees, Dr. h. c. H. Niesz, Direktor der Motor Columbus AG., Baden, Zusammenfassungen der andern drei Berichte zugestellt, die wir, durch einige Tabellen und Diagramme ergänzt, nachfolgend veröffentlichen.

Bericht II: Die energiewirtschaftliche Bedeutung von Brennstoffimport und Brennstoffproduktion der Schweiz

Verfasser: Prof. Dr. P. Schläpfer, Dr. H. Deringer, Dr. E. Steiner, Mitarbeiter W. Schrof

Bild 1 zeigt die Entwicklung der jährlichen Einfuhr und Inlandproduktion von Brennstoffen in der Zeit von 1910 bis 1950, umgerechnet auf kWh als einheitliches Mass für die Rohenergie. Für einige bemerkenswerte Jahre sind die selben Werte auf Tabelle 1 zusammengestellt.

a) Wirtschaftsperiode 1910—1939

In dieser Periode dominieren die importierten festen Brennstoffe Steinkohlen, Braunkohlen und Koks. Mit Ausnahme der Kriegsjahre 1914 bis 1918 blieb der Gesamtimport ziemlich konstant. Charakteristisch ist aber der starke Anstieg des Koksimportes als Folge der grossen Ausbreitung der Zentralheizungen, von 1910 bis 1939 hat er sich mehr als verdreifacht. Dagegen ist der Import von Steinkohlenbriketts infolge der Elektrifizierung der Bahnen stark zurückgegangen.

Die flüssigen Brennstoffe spielten vor dem ersten Weltkrieg nur eine untergeordnete Rolle in der Rohenergieversor-

gung der Schweiz. Erst seit 1920 stieg der Import an Heizöl stetig, um 1939 193 000 t zu erreichen. Der Benzin- und Benzolimport betrug infolge der zunehmenden Motorisierung schon anfangs der dreissiger Jahre rund 200 000 t und blieb seither bis Ende 1939 ungefähr konstant. Die Einfuhr von Dieselöl hielt sich in bescheidenen Grenzen und erreichte im Jahre 1939 20 000 t.

Das Holz weist über die ganze Periode 1910 bis 1939 eine sehr gleichmässige Höhe auf. Die Holzproduktion erhöhte sich während des Krieges 1914 bis 1918, zum Unterschied vom zweiten Weltkrieg, kaum. Bei der Gewinnung von Torf und Inlandkohle zeigte der erste Weltkrieg sehr deutlich, dass eine Steigerung der Produktion nicht plötzlich möglich ist und dann auch nur einen relativ kleinen Einfluss auf die Rohenergieversorgung auszuüben vermag. Es handelt sich hier um Brennstoffe niedrigen Heizwertes, die zudem mit hohen Gestehungskosten behaftet sind und deshalb in normalen Zeiten nur Lokalbedeutung erlangen können.

b) Wirtschaftsperiode 1940 bis 1952

Während des zweiten Weltkrieges sank der Import von Kohle und Koks immer stärker, stieg aber nachher wieder rasch an. Aber der Anteil der Kohle und des Kokses am Gesamtrohenergiebedarf, wie er vor dem Krieg war, wurde nie mehr erreicht, denn im Verbrauch von festen Brennstoffen haben sich im Laufe der Jahre wesentliche Verschiebungen unter den vier Konsumentengruppen ergeben. So ist zum Beispiel der Anteil der Bahnen am Gesamtverbrauch importierter Kohle infolge der Elektrifizierung von 25 % vor dem ersten Weltkrieg auf rund 5 % im Jahre 1950 zurückgegangen, dagegen stiegen die prozentualen Anteile von Haushalt und Gewerbe, der Industrie und der Gaswerke.

Die Einfuhr von flüssigen Bren- und Treibstoffen ist mit dem Ausbruch des zweiten Weltkrieges fast gänzlich zusammengebrochen, was sich um so schwerer auswirkte, als die im Lande liegenden Vorräte sehr gering waren. Unmittelbar nach Kriegsende stieg dann die Einfuhr an Heizöl sehr rasch an, sie erreichte im Jahre 1952 bereits 662 000 t. Die bequemere Bedienung der Heizungen mit Heizöl trug wesentlich dazu bei, besonders im Haushalt und Gewerbe den Koks zu verdrängen.

Da in dieser Konsumentengruppe keine grossen Oelvorräte vorhanden sind und auch bei den Importfirmen wegen der mit der Erstellung der Oellager verbundenen hohen Kosten nicht allzu grosse Vorräte eingelagert werden, ist zu erwarten, dass in Mangelzeiten dann nach Koks gerufen wird. Daher ist der Lagerhaltung von Koks volle Aufmerksamkeit zu schenken.

Tabelle 1. Brennstoffeinfuhr und Inlanderzeugung pro Jahr in Mio kWh

Jahr	Importkohle	Flüssige Brennst.	Brennholz	Holz-kohle	Torf	Inlandkohle	Totale Rohenergie
1910	22 994	209	4774	108	63	—	28 148
1915	26 947	137	4147	130	55	—	31 416
1920	22 088	518	4855	377	849	309	28 996
1925	22 380	1246	5535	60	53	—	29 274
1930	25 974	2779	5364	35	53	—	34 205
1935	25 536	4542	5510	26	53	—	35 667
1940	22 117	3039	6422	118	52	39	31 787
1945	2 077	349	9140	3	1730	1333	14 632
1948	22 096	8480	6394	50	52	—	37 072
1950	22 214	11494	5677	47	35	—	39 467