

Technische Mittel zur Verminderung von Schwall und Sunk bei Flusskraftwerken

Autor(en): **Hirt, M. / Wiedler, K.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **75 (1957)**

Heft 22

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-63362>

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.

Technische Mittel zur Verminderung von Schwall und Sunk bei Flusskraftwerken

Von M. Hirt und K. Wiedler, Escher Wyss AG., Zürich

DK 621.248

Seit mit der Nutzung der Wasserkräfte grosser Flüsse durch den Bau von Niederdruck-Kraftwerken begonnen wurde, haben Schwall- und Sunkerscheinungen immer wieder zu Diskussionen Anlass gegeben. Mit der fortwährenden Steigerung der Einheitsleistungen sind diese Erscheinungen zu einem Problem geworden, dessen Lösung sich in zusehends stärkerer Masse aufdrängt. Obschon bereits an anderer Stelle¹⁾ auf diese Fragen hingewiesen wurde, seien hier Ursachen und Auswirkungen der Wasserspiegelschwankungen beschrieben, und anschliessend sei ein Ueberblick über den Stand der Entwicklungsarbeiten zur Lösung dieses Problems gegeben.

Bei plötzlichen Entlastungen der Generatoren eines Niederdruck-Kraftwerkes, die heute meist mit Kaplan turbinen gekuppelt sind, wird vom Turbinenregler der Leitapparat inert weniger Sekunden geschlossen und so der Wasserdurchfluss unterbrochen. Dadurch entsteht im Oberwasser eine sich flussaufwärts fortpflanzende Wellenbewegung, die man *Schwall* nennt. Im Unterwasser bewirkt die plötzliche Verminderung des Wasserdurchflusses einen *Sunk*. Beide Erscheinungen haben unangenehme Auswirkungen; sie können unter Umständen sogar zu einer Gefahr für die Schifffahrt werden.

¹⁾ C. Streiff: Neuzeitliches aus dem Wasserturbinengebiet, «Wasser- und Energiewirtschaft» März 1956.

An den grossen, schiffbaren Flüssen wie Rhone, Rhein und Donau sind Kraftwerke im Bau und zum Teil schon in Betrieb, welche mit vier bis sechs Maschinengruppen ausgerüstet sind; deren Einheitsleistungen liegen zwischen 30 und 70 000 Pferdestärken. Die Turbinen verarbeiten bei Gefällen von 6 bis 24 m Einheitswassermengen bis zu 350 m³/s. Meistens sind mehrere Gruppen des gleichen Kraftwerks auf eine gemeinsame Fernleitung geschaltet, so dass eine plötzliche Entlastung, verursacht durch eine Netzstörung irgendwelcher Art, das Absperrren einer beträchtlichen Wassermenge zur Folge hat. Bei solchen Gesamtabschaltungen, die zum Teil auch zu Beobachtungszwecken durchgeführt werden, konnten Schwallwellen von mehr als 1,5 m und Sunkwellen von 1,2 m Höhe gemessen werden. Für die Kleinschifffahrt bedeutet dies eine unmittelbare Gefahr; aber auch die Grossschifffahrt kann dabei zu Schaden kommen. Treffen beispielsweise auf die Länge des Schiffsrumpfes zwei Wellenberge und ein Wellental, so treten beim erwähnten Spiegelunterschied ganz beträchtliche Biegespannungen auf, die bis zum Bersten der Schleppkähne führen können. Von der Schifffahrt gefürchteter sind aber grosse Sunkwellen, da dabei die Gefahr des Auflaufens auf Grund besteht. Ueberdies verunmöglicht das vorübergehend verminderte Wasserdargebot den untenliegenden Werken die Erfüllung ihrer Stromlieferungs-Verpflichtungen.

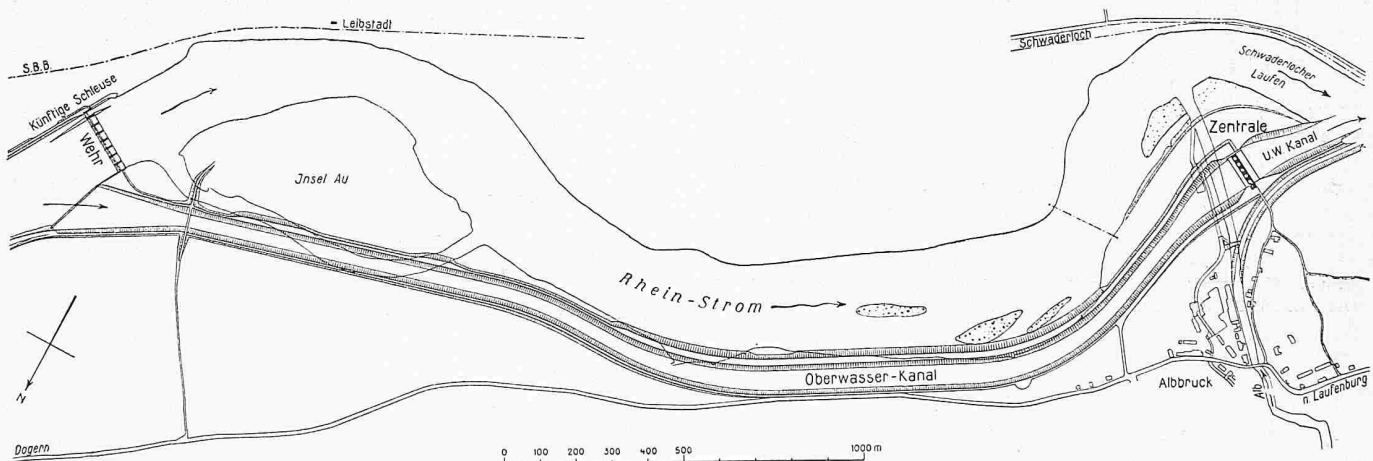


Bild 2. Kraftwerk Albruck-Dogern als typisches Flusskraftwerk mit Oberwasserkanal, Masstab 1:20 000

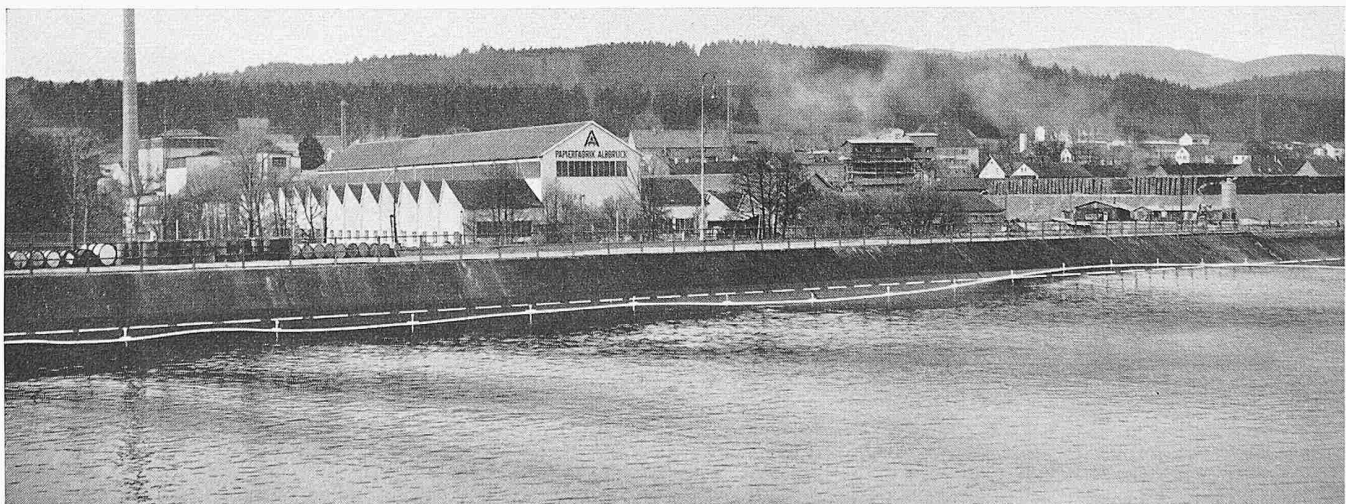


Bild 1. Schwallwellen bei plötzlicher Totalentlastung einer Gruppe des Kraftwerkes Albruck-Dogern

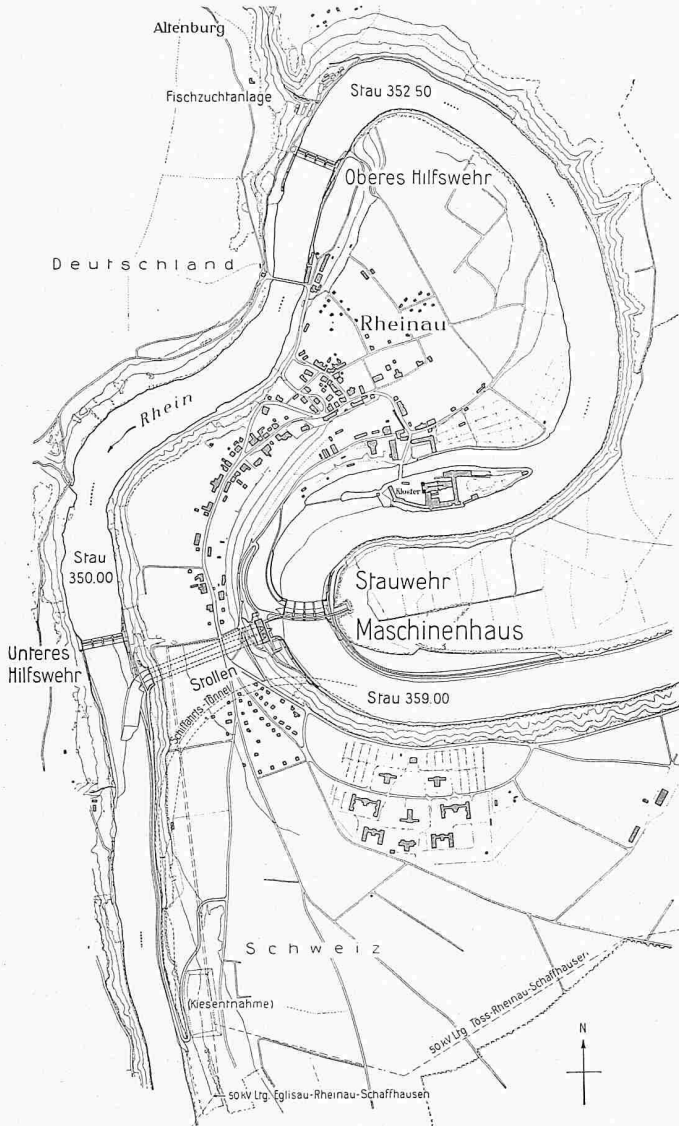


Bild 3. Kraftwerk Rheinau mit Rheinschleife als typisches Flusskraftwerk mit Unterwasserkanal, Masstab 1:20 000

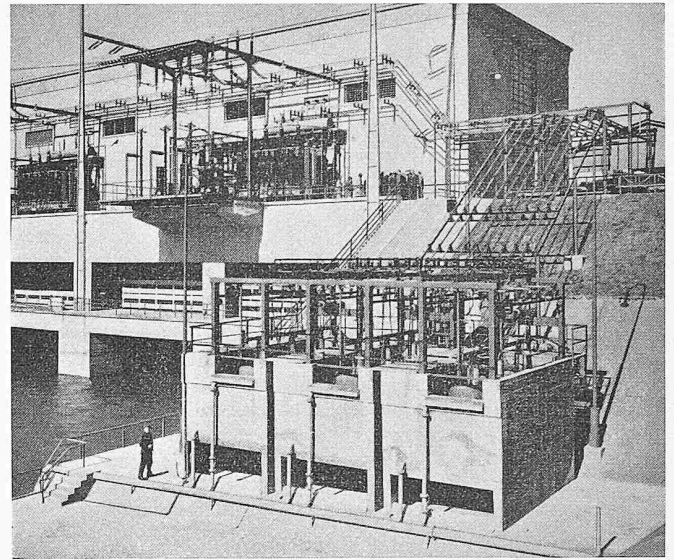


Bild 4. Anordnung der drei Wasserwiderstände im Kraftwerk-Albruck-Dogern

Die zu erwartenden Schwall- und Sunkerscheinungen werden für neue Grossanlagen vielfach durch ausgedehnte Modellversuche in Flussbau-Versuchsanstalten abgeklärt²⁾. Es dürfte ohne weiteres klar sein, dass es keine allgemein gültige Lösung gibt, sondern dass die unterschiedlichen Verhältnisse bei den einzelnen Kraftwerken weitgehend berücksichtigt werden müssen. Wir wollen uns bei der nachfolgenden Betrachtung lediglich auf die beiden Hauptkategorien beschränken, nämlich auf Kraftwerke mit Ober- oder Unterwasserkanal (Kanal kraftwerke) und auf eigentliche Flusskraftwerke mit unmittelbar neben dem Krafthaus angeordnetem Stauwehr.

Bei den Kanal-Kraftwerken schneidet vielfach der Ober- oder der Unterwasserkanal eine Schleife des Flusses ab (Bilder 2 und 3). Ein bei einer Abschaltung auftretender Sunk kann mit keiner noch so wirksamen Wehrschützensteuerung ausgeglichen werden. Man ordnet in solchen Anlagen jeder Gruppe einen Wasserwiderstand zu, der dauernd in Bereitschaft steht (Bild 4). Bei einer plötzlichen vollständigen Ent-

2) Vgl. H. Wittmann und Bleines: Kraftwerkschwall und Schifffahrt, SBZ 1953, Nr. 34, S. 483*.

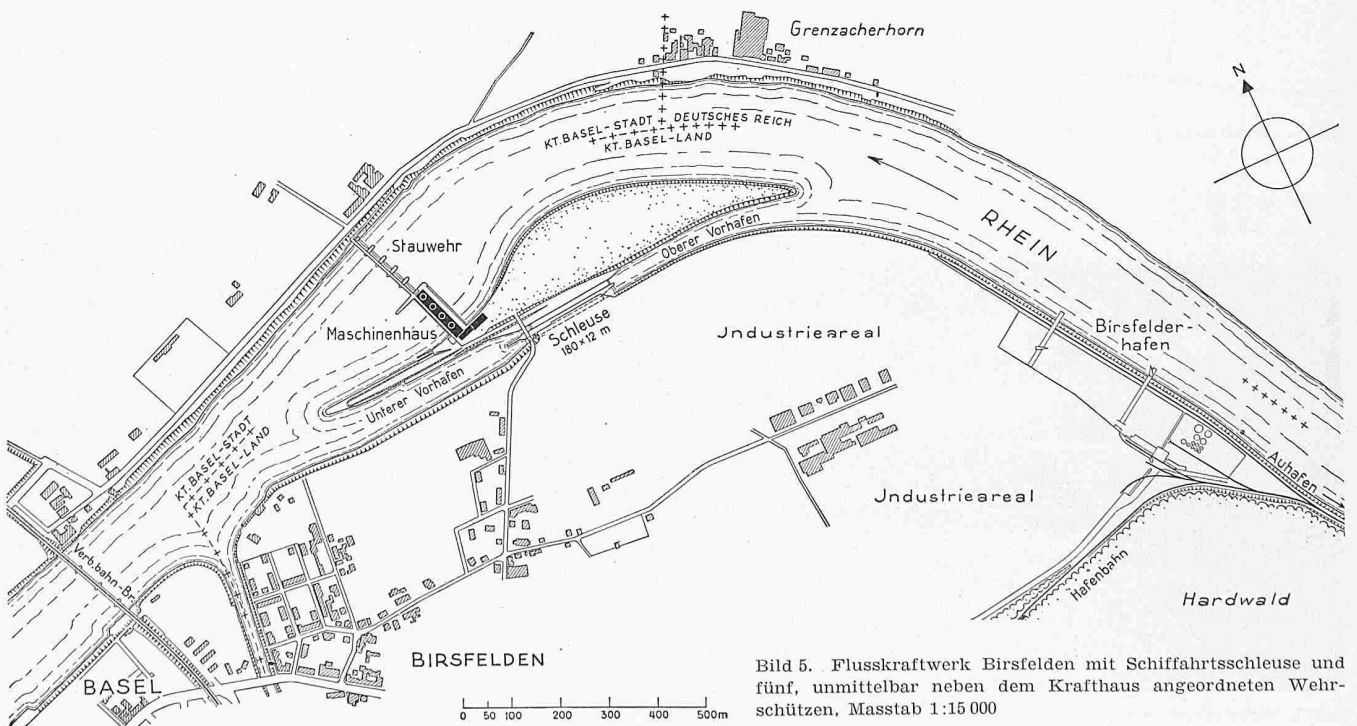


Bild 5. Flusskraftwerk Birsfelden mit Schifffahrtsschleuse und fünf, unmittelbar neben dem Krafthaus angeordneten Wehrschützen, Masstab 1:15 000

lastung wird jeder Generator automatisch auf seinen Wasserwiderstand geschaltet, welcher, gute Kühlung vorausgesetzt, in der Lage ist, sofort die volle Leistung des Generators aufzunehmen und in Wärme umzuwandeln. Da die Umschaltung vom Netz auf den Wasserwiderstand in etwa 0,2 Sekunden erfolgt, treten praktisch keine Niveauschwankungen auf.

Gegen Störungen an der Gruppe selbst, seien sie mechanischer oder elektrischer Art, kann aber ein Wasserwiderstand nicht wirksam sein. Bei solchen Anlagen muss deshalb mit gelegentlichen Schwall- und Sunkerscheinungen gerechnet werden, um so mehr, als in modernen Kraftwerken dank fortschreitender Automatisierung wenig Betriebspersonal zur Verfügung steht. Denn dabei werden erfahrungsgemäss kleinere Schäden oft erst bemerkt, wenn die entsprechende Schutzvorrichtung einen Schnellschluss ausgelöst hat.

An Stelle von Wasserwiderständen wurden wiederholt gesteuerte Nebenauslässe an den Einlaufspiralen in Betracht gezogen, welche dem raschen Abführen der vom Leitapparat abgesperrten Wassermenge dienen sollten. Die Konstruktion dieser Organe in der Art von Tellerventilen, leitschaufelähnlichen Drehklappen oder Zylinderschützen stellt besondere Probleme. Es sind zuverlässig arbeitende Steuerungen notwendig, deren Bau in Anbetracht der seltenen Betätigung und der oft schwierigen meteorologischen Zustände (Vereisungsgefahr) hohe Anforderungen stellt. Die Aufwendungen für die Führung derart grosser Wassermengen sind beträchtlich. Die Nebenauslässe fallen schwer und teuer aus, weshalb sie bis heute nur vereinzelt zur Anwendung kamen.

Ein Mittel zur Herabsetzung des Schwall würde darin bestehen, bei plötzlicher Entlastung einer Kaplan turbine die Laufradschaufeln in eine Art Segelstellung durchzuschwenken, d. h. anstatt zu schliessen weiter zu öffnen, bis das Wasser die Turbine durchströmt, ohne Leistung abzugeben. Wenn sich auch die Betätigungsorgane für eine solche Schaufelbewegung in der Laufradnabe unterbringen lassen sollten, so stehen immer noch reguliertechnische Probleme zur Diskussion, welche sich ohne wesentliche Herabsetzung der Betriebssicherheit nicht leicht lösen lassen. Was die Hydrauliker zu einer als Energievernichter geschalteten Turbine im Hinblick auf die zu erwartenden Kavitationserscheinungen zu sagen haben, bleibt ebenfalls noch abzuklären.

Bei Flusskraftwerken mit unmittelbar neben dem Krafthaus angeordnetem Stauwehr (Bild 5) hat die konstruktive Entwicklung der letzten Jahre verschiedene Wege zur Schwall- und Sunkverminderung aufgezeigt. Auf den Einbau von Wasserwiderständen wird vielfach verzichtet, dafür werden die Windwerke der Wehrschützen mit einer automatischen Schnellsenkvorrichtung ausgerüstet. Durch rasches Absenken der Oberschützen ist es möglich, die bei Abschaltung von den Turbinen-Leitapparaten abgesperrte Wassermenge über die Wehröffnungen abzuführen. Die Einleitung der Schnellsenkung erfolgt über eine Hilfssteuerung, beispielsweise einen Kataraktkolben, vom Leitapparat der Turbine aus derart, dass nur rasche Schliessbewegungen des Leitapparates den Auslösemechanismus zu betätigen vermögen. Erfahrungsgemäss muss aber trotz Schnellsenkung noch mit erheblichen Werten von Schwall und Sunk gerechnet werden. Bis eine wirksame Wehröffnung erreicht ist, verstreichen leicht 20 bis 60 Sekunden, wogegen die Schliesszeit des Leitapparates meistens weniger als 10 Sekunden beträgt. Der Steigerung der Schnellsenkgeschwindigkeit sind Grenzen gesetzt: Befindet sich beispielsweise am wehrseitigen Flussufer eine Schiffahrtsschleuse, so tritt bei sehr schneller Absenkung der Schützen in Wehrnähe eine verhältnismässig starke Spiegelabsenkung auf, also eine Art «Oberwassersunk». Es wird wiederum die Schiffahrt sein, welche gegen derartige Erscheinungen Bedenken erhebt.

Zur Verminderung dieser Uebelstände sind nun in letzter Zeit auf der Turbinenseite wirksame Mittel gefunden worden. Seit Jahren sind bei Kaplan turbinen Steuerungsarten üblich, welche ein allzu rasches, vollständiges Schliessen des Leitapparates bei plötzlichen Entlastungen verhindern. Einerseits sollte damit die Rückströmung des Wassers im Saugrohr verunmöglicht und andererseits der Drehzahlverlauf nach einer Abschaltung günstiger gestaltet werden. Die Weiterentwicklung dieser Steuerungen hat zu einem neuen Verfahren geführt, das mit Hilfe des auf Bild 6 dargestellten Leistungsbildes einer Kaplan turbine erläutert werden soll. Die dort dünn ausgezogenen Li-

nien $N = 0$ bis $N = 75\%$ geben den Zusammenhang zwischen den prozentualen Oeffnungen der Leitschaufeln und der Laufschaufeln für die Wellenleistungen 0, 25%, 50% und 75% an. Der Punkt A gilt für $N = 100\%$. Die gestrichelte Linie N_g zeigt den selben Zusammenhang bei günstigsten Wirkungsgraden, wie er normalerweise besteht. Schliesslich sind noch zwei Leerlaufkurven für erhöhte Drehzahlen (120% und 140% der normalen Drehzahl) eingetragen.

Das neue Verfahren besteht nun darin, dass bei einer Voll lastabschaltung (Punkt A, Bild 6, $N = 100\%$) die Leitschaufeln nur soweit schnell geschlossen werden, bis die Drehzahl nicht mehr weiter ansteigt, d. h. bis bei der alsdann erreichten höheren Drehzahl die Turbinenleistung auf Null gesunken ist. Die Laufschaufeln bleiben dabei noch fast ganz geöffnet. Dieser Betriebspunkt ist in Bild 6 mit B bezeichnet. Den gleichen Vorgang zeigt Bild 7 in Abhängigkeit von der Zeit; dabei sind in Bild 7a der Verlauf der Drehzahl n sowie der Schliessbewegungen von Leit- und Laufrad dargestellt, wäh-

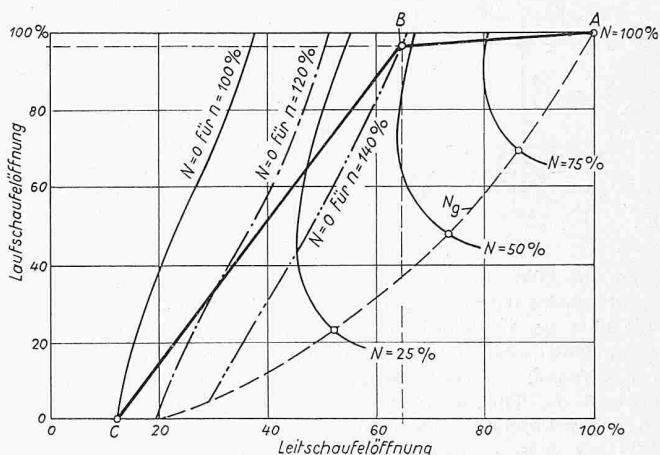


Bild 6. Leistungsfeld einer Kaplan turbine. Das Bild gibt den Zusammenhang zwischen den prozentualen Oeffnungen der Leitschaufeln und der Laufschaufeln. Die ausgezogenen Kurven sowie Punkt A geben diesen Zusammenhang für die Leistungen 0, 25, 50, 75 und 100%, die Kurve N_g denjenigen für die besten Wirkungsgrade, die strichpunktiierten Linien denjenigen für die Leistung 0 bei den Drehzahlen, die 20% bzw. 40% über der normalen liegen; der Linienzug ABC denjenigen bei einer Voll lastabschaltung mit Stopsteuerung

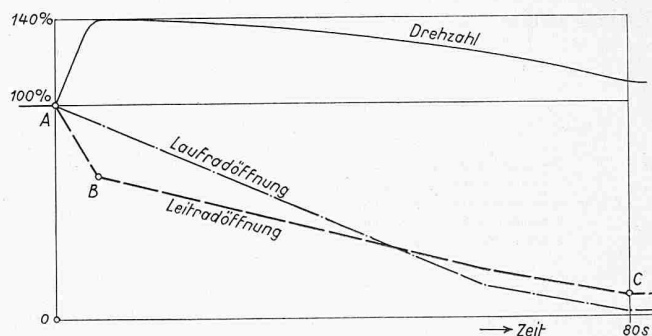


Bild 7a. Verlauf der Drehzahl n , der prozentualen Oeffnung des Laufrades und der des Leitrades in Abhängigkeit der Zeit bei plötzlicher Voll lastabschaltung mit Stopsteuerung

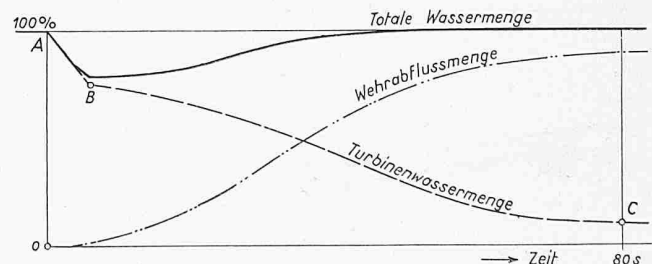


Bild 7b. Verlauf der Turbinenwassermenge, der Wehrabflussmenge sowie der totalen Wassermenge bei plötzlicher Voll lastabschaltung mit Stopsteuerung

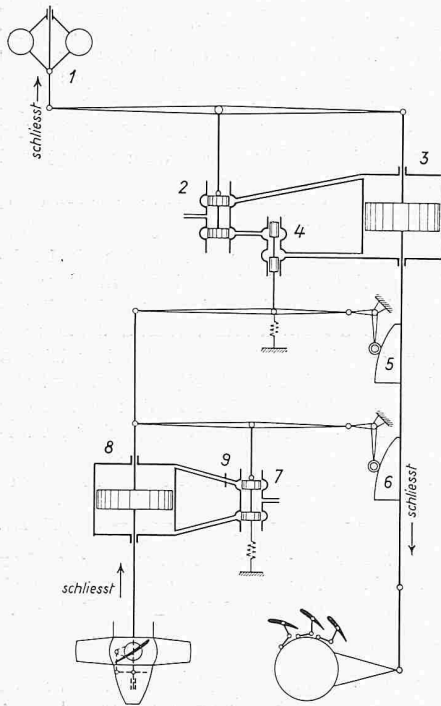
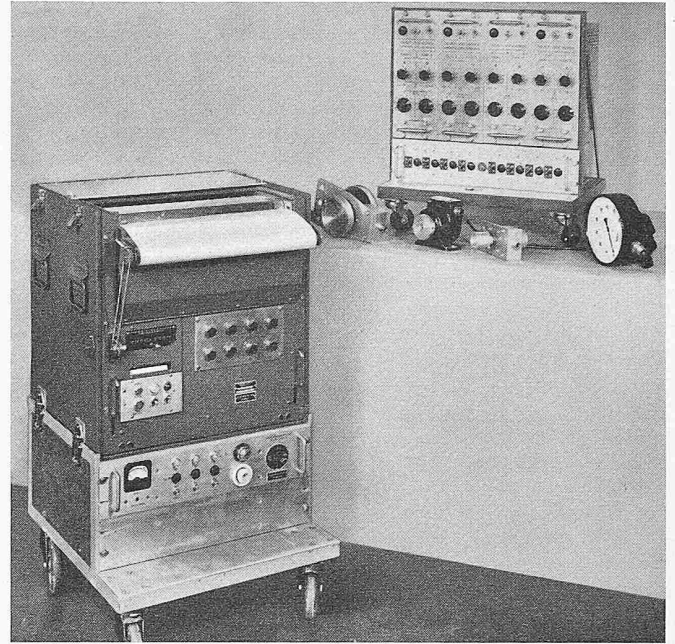


Bild 8 (links): Prinzipschema der Stopsteuerung

- 1 Regler
- 2 Steuerschieber für Leitrad
- 3 Leitrad-Servomotor
- 4 Steuerschieber zum Abstoppen der Leitrad-schliessbewegung im Punkt B (Bild 6)
- 5 Steuerkurve zu 4
- 6 Steuerkurve für die Zuordnung der Laufradöffnung zur Leitradöffnung
- 7 Steuerschieber für die Laufschaukelverstellung
- 8 Laufrad-Servomotor
- 9 Blende in der Oelleitung zwischen 7 und 8

Bild 10 (rechts). Sanborn-Achtkanal-Direktschreiber mit Gleichstrom-Endverstärkern und Gebern für Drehzahl, Hub, Schwimmerstellungen und Druck. Links Schreibergerät, rechts Endverstärker, darunter (v. l. n. r.) Geberapparate für Hub, Drehzahl, Schwimmerstellungen und Druck



rend aus Bild 7b der Verlauf der Turbinenwassermenge Q_T (gestrichelte Kurve) ersichtlich ist. Bei einem Drehzahlanstieg von 40 % bei Vollastabschaltung entspricht dem Punkt B (Leistung Null) eine Leitapparatoröffnung von 60 bis 70 % bei noch voll offenem Lauftrad. Wegen der erhöhten Drehzahl verbraucht die Turbine in diesem Betriebspunkt noch mehr als 75 % der Vollastwassermenge.

Das weitere Schliessen des Leitapparates erfolgt derart, dass die stationäre Leerlaufdrehzahl (Punkt C) erst nach etwa 60 bis 100 s erreicht wird. Es kann in geeigneter Weise mit dem Schnellsenkvorgang der Wehrschütze kombiniert werden; alsdann lässt sich, wie aus den Bildern 7a und 7b hervorgeht, ein denkbar günstiges Ergebnis erzielen. Denn im Punkt B steht einer verhältnismässig grossen Turbinenwassermenge eine geringe Wehrabflussmenge gegenüber. Während sich nach Einleitung der Schnellsenkbewegung die Wehröffnung rasch vergrössert, steuert der Leitapparat den Wasserdurchlass der Turbine langsam auf den Leerlaufwert C zurück (Bild 7b).

Die Wirkungsweise dieser Steuerungsart, die der Firma Escher Wyss AG. patentrechtlich geschützt ist, kann an Hand des Schemas Bild 8 verfolgt werden. Wie ersichtlich, ist in die Oelleitung zwischen dem Steuerschieber 2 für das Leitrad und dem zugehörigen Servomotor ein zusätzlicher Steuerschieber 4 eingebaut, der einerseits vom Verstellgestänge des Leitrades über die Kurvenscheibe 5 und andererseits vom Lauftrad-Servomotor 8 aus betätigt wird. Erfolgt eine plötzliche Entlastung, so verstellt zunächst der Drehzahlregler 1 den Steuerschieber 2 nach oben, so dass Drucköl auf die obere Seite des Servomotorkolbens 3 tritt, während dessen untere Seite mit dem Ablauf verbunden wird. Hierdurch wird der Leitapparat rasch im Sinne des Schliessens verstellt. Infolge dieser Bewegung verschiebt sich der Steuerschieber 7 der Lauftradsteuerung nach unten, so dass der Servomotor 8 schliesst. Dieser Vorgang erfolgt wegen der Blende 9 nur langsam. Gleichzeitig bewegt sich der zusätzliche Steuerschieber 4 nach unten und verschliesst dadurch den Abfluss des Oeles von der unteren

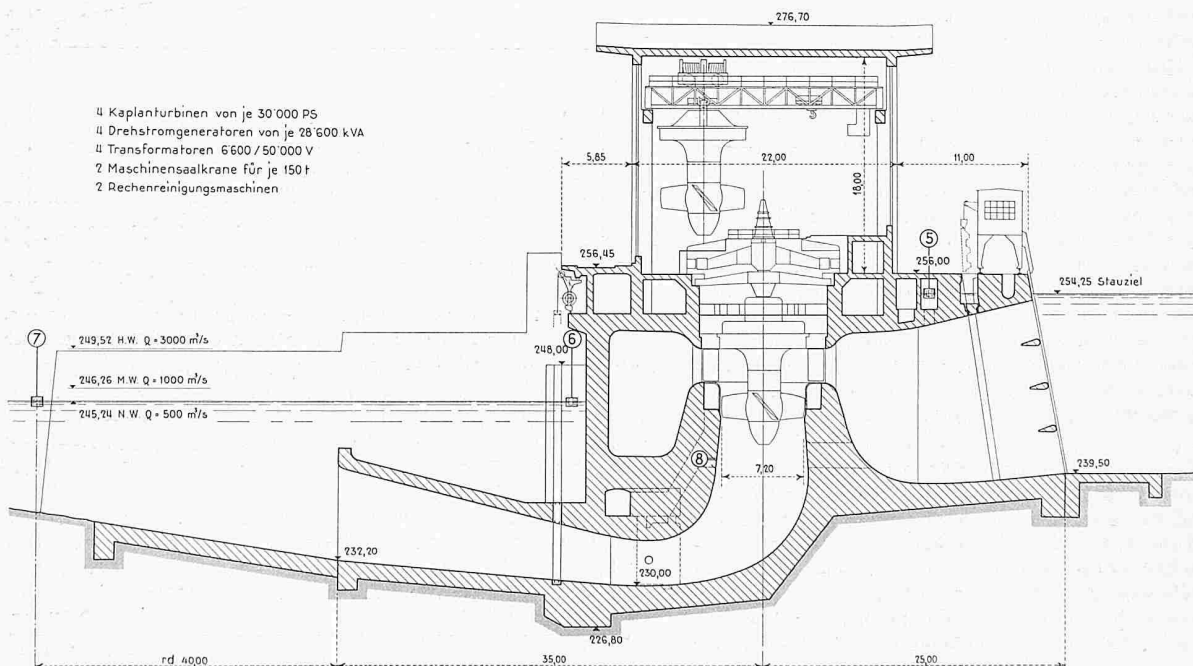


Bild 9. Anordnung der Messtellen im Kraftwerk Birsfelden. Schwimmer 5 im Oberwasser, Schwimmer 6 und 7 im Unterwasser. Manovakuummeter 8 am Saugrohr, Masstab 1:600

Seite von 3. Der Leitapparat kann sich jetzt nur langsam nach Massgabe der Verdrehung der Laufradschaufeln schliessen. Die Kurvenscheibe 5 ist so gestaltet, dass die gewünschte Zuordnung der Schliessbewegung des Leitrades zu der der Laufradschaufeln zustande kommt.

Der Firma Escher Wyss AG. ist Gelegenheit geboten worden, diese Steuerungsart in mehreren Grosskraftwerken wie Braunau am Inn, Jochenstein an der Donau, Rheinau, Rhyburg-Schwörstadt und Birsfelden am Rhein einzubauen und auf ihre Wirksamkeit zu prüfen. In einigen dieser Anlagen konnten bei Abschaltungen mit dem bisher üblichen Schliessgesetz Schwall und Sunk an verschiedenen Stellen gemessen werden. Nach Einbau der neuen Steuerung wurden die Messungen zu Vergleichszwecken wiederholt. Die Ergebnisse übertrafen die Erwartungen. Abgesehen von einem viel ruhigeren Verlauf der Abschaltung verringerten sich Schwall und Sunk auf Bruchteile der früheren Werte; zudem haben sich Ober- und Unterwasserspiegel viel rascher stabilisiert.

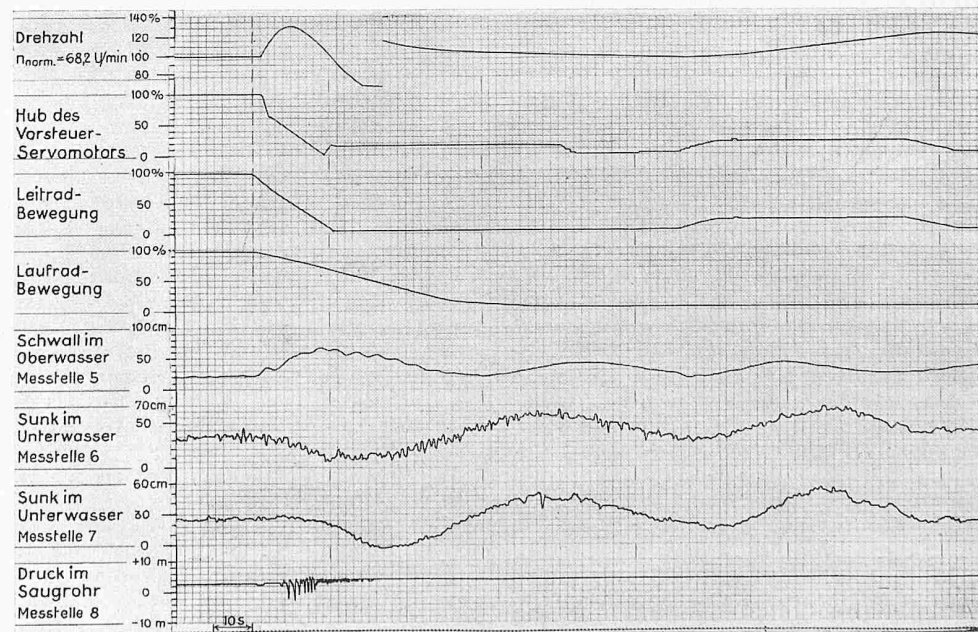
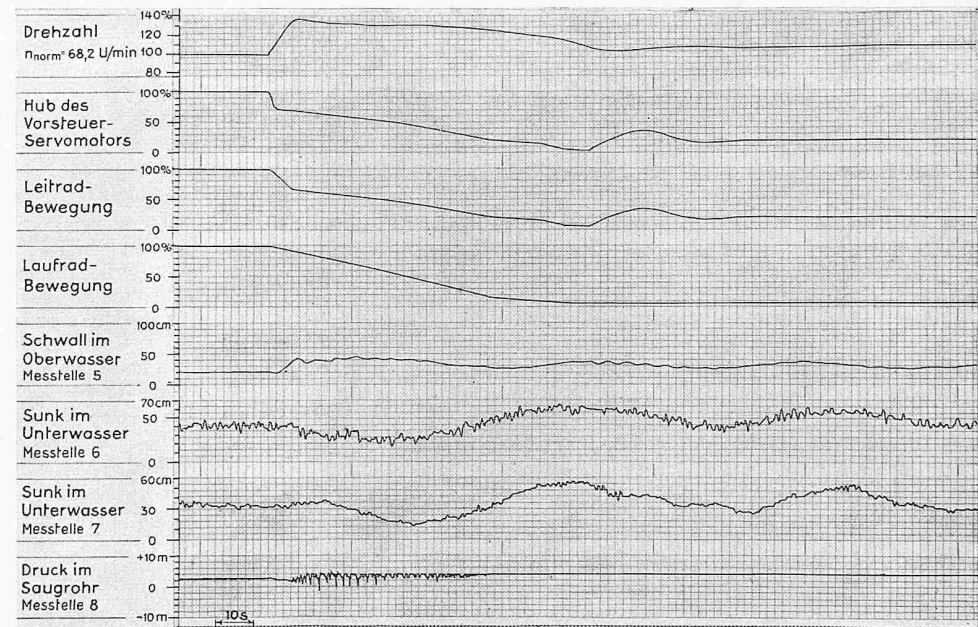
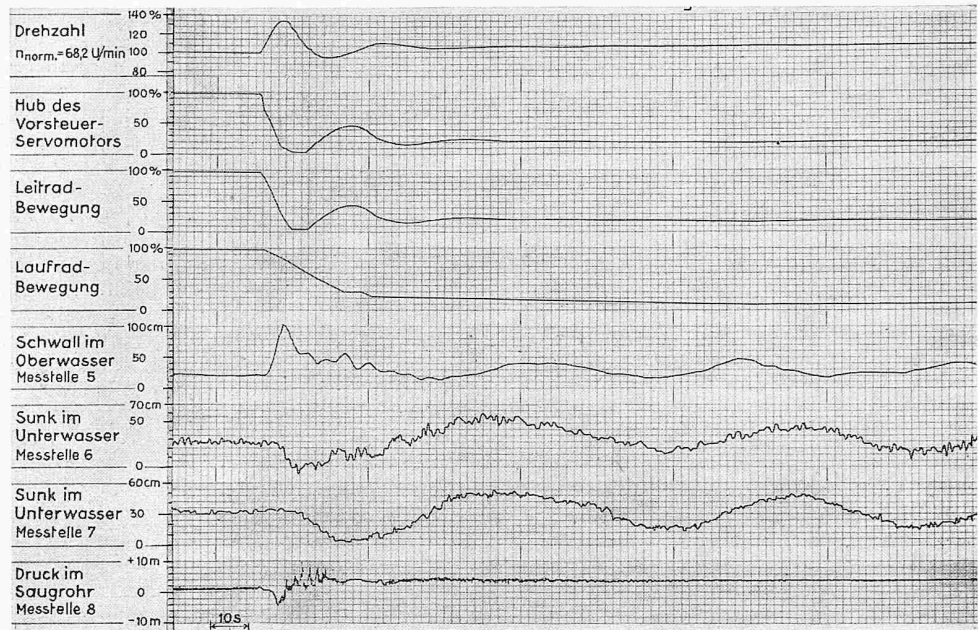
Als Beispiel seien die Versuche in Birsfelden angeführt,

Bild 11a (oben). Registrierdiagramme des zeitlichen Verlaufs der massgebenden Grössen bei einer Abschaltung im Kraftwerk Birsfelden vor Einbau der Stopsteuerung

Bild 11b (Mitte). Wie Bild 11a, jedoch nach Einbau der Stopsteuerung

Der unmittelbar nach der Abschaltung auftretende Schwall ist, wie der Vergleich der Diagramme 11a und 11b zeigt, auf $\frac{1}{4}$ der Sunk ungefähr auf die Hälfte verringert worden. Das Schliessgesetz von Leitapparat und Laufrad ist so gewählt, dass die Drehzahl erst nach längerer Zeit abzusinken beginnt. Während dieser Zeit verbraucht die Turbine infolge wesentlich erhöhter Drehzahl ein Mehrfaches der normalen Leerlaufwassermenge. Im Saugrohr treten dabei weniger grosse Unterdruckspitzen auf

Bild 12 (rechts). Registrierdiagramme des zeitlichen Verlaufs der massgebenden Grössen bei einer Schnellschlussabschaltung infolge Ansprechen einer Schutzvorrichtung, wobei die Stopsteuerung nicht zur Wirkung kommt. Die Schliessbewegung des Leitapparates setzt sofort ein; erst nach Ablauf einer gewissen Zeit (etwa 2 Sekunden) wird der Generator vom Netz getrennt, worauf die Drehzahl ansteigt und der Vorsteuer-Servomotor zu schliessen beginnt. Die Bremswirkung des prozentual stärker geöffneten Laufrades verhindert ein allzu hohes Ansteigen der Drehzahl



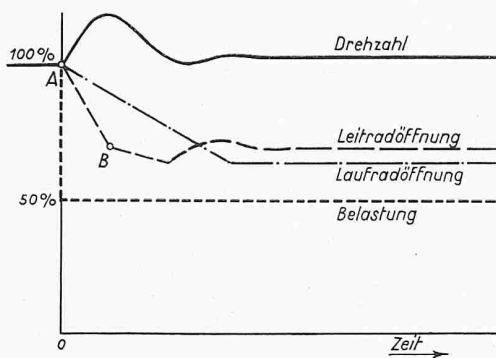


Bild 13. Zeitlicher Verlauf der Drehzahl sowie der prozentualen Öffnungen der Leit- und Laufradschaufeln bei plötzlicher Teilentlastung von 100% auf 50% mit Stopsteuerung. Drehzahl und Netzfrequenz stabilisieren sich bedeutend rascher.

weil von diesen Messungen das ausführlichste dokumentarische Material vorhanden ist. Mit einem Registriergerät nach Bild 10 konnten gleichzeitig acht verschiedene Vorgänge in Funktion der Zeit festgehalten werden; es sind dies der Drehzahlverlauf, die Bewegungen des Vorsteuervomotors, des Leitradervomotors und die Laufradbewegung, ferner der Schwall im Oberwasser sowie der Sunk im Unterwasser an zwei verschiedenen Stellen und der Druckverlauf im Saugrohr etwa 4 Meter unterhalb der Laufschaufelachse. Bild 9 zeigt die Lage der Messtellen für Schwall, Sunk und Druck im Saugrohr. Um beim Schliessvorgang den Verlauf der Spiegelschwankungen an den Messtellen möglichst unbeeinflusst von Nebenwirkungen festhalten zu können, wurden bei den Versuchen von den fünf Wehrschützen nur die beiden uferseitig gelegenen betätigt.

Die Diagramme Bild 11 zeigen den Verlauf je einer Abschaltung mit vollöffneter Turbine vor und nach Einbau der neuen Steuerung. Leider konnten die beiden Versuchsreihen nicht unter genau gleichen Bedingungen durchgeführt werden; ein Hochwasser brachte für die zweite Messung eine Gefällsverminderung von annähernd 10%. Auf den charakteristischen Verlauf der Niveau- und Druckschwankungen dürfte dies keinen, auf die Maximalwerte nur einen geringen Einfluss gehabt haben. Wie ersichtlich, verringerte sich die Höhe des Schwalles im Oberwasser von rd. 80 cm auf rd. 25 cm, während der Sunk im Unterwasser an beiden Messtellen von

rd. 50 cm auf rd. 25 cm zurückging. Sehr viel geringer waren auch die Druckschwankungen im Saugrohr.

Neben den normalen Abschaltungen, die von der Netzseite her bedingt sind, müssen wir noch das Verhalten der Maschinengruppen bei Störungen, deren Ursachen in der Maschine selbst liegen, untersuchen. Dabei sind zwei Fälle zu unterscheiden: einerseits der *Schnellschluss*, der beispielsweise bei Ansprechen eines Thermometers zum Schliessen der Turbine führt, und andererseits der *Notschluss*, der bei Versagen der Regulierung bei einstellbarer Ueberdrehzahl anspricht und unter Umgehung der Betriebssteuerung das Laufrad oder den Leitapparat schliesst. In solchen Fällen muss nicht mit dem gleichzeitigen Ausfallen aller Gruppen gerechnet werden. Mit Rücksicht auf Schwall und Sunk darf man die Gruppe in kürzerer Zeit stillsetzen. Ein einfacher Hilfssteuerschieber erlaubt das Einstellen der gewünschten Schliesszeit. Escher Wyss ist dazu übergegangen, bei Notschluss den Leitapparat zu schliessen¹⁾. Bei noch offenem Laufrad entsteht dabei rasch eine von der normalen Zuordnung stark abweichende Betriebsstellung. Dadurch ergibt sich eine erhebliche Bremswirkung des Laufrades, die von Vorteil ist. Durch Wegfall der Belüftungsventile im Turbinendeckel wird die Bremswirkung noch erhöht. Das Sicherheitsproblem kann also auch in dieser Beziehung als gelöst betrachtet werden.

Abschliessend seien die Versuchsergebnisse mit dieser neuen Steuerungsart in folgenden Punkten zusammengefasst:

1. Schwall und Sunk bei Flusskraftwerken lassen sich durch Anordnung von schnell absenkbaaren Wehren, wie sie heute üblich sind, und einer geeigneten Wahl des Leitapparat-Schliessgesetzes auf ein zulässiges Minimum herabsetzen. Es wird vorteilhaft sein, bereits bei den Modellversuchen der Wasserbauanstalten mit dem Turbinenbauer diesbezüglich Rücksprache zu nehmen.
2. Um mit dieser Steuerungsart günstigste Ergebnisse erzielen zu können, ist es wichtig, die Werte für die Drehzahlanstiege hoch anzusetzen. Als Richtwerte seien erfahrungsgemäss 40 bis 50% genannt; bei Durchgangsdrehzahlen von 150 bis 200% über der Normaldrehzahl sind diese Werte bezüglich Materialbeanspruchungen ohne weiteres zulässig.
3. Der durch das neue Schliessgesetz bedingte Wasserverbrauch der Turbine nach Abschaltung verhindert ein «Abreissen» der Wassersäule im Saugrohr, so dass die Abschalt-Belüftungsventile für das Saugrohr ohne Nachteile weggelassen werden können.
4. Müssen die Maschinen, losgelöst vom Verbundnetz, plötzlich nur noch ein begrenztes Netz mit kleiner Belastung speisen, so trägt diese Steuerung, wie aus Bild 13 hervorgeht, zu einer bedeutend rascheren Stabilisierung der Frequenz bei.

Schweiz. Gesellschaft für Bodenmechanik und Foundationstechnik

DK 061.3:624.15

Am 26./27. April 1957 fand in Neuenburg die zweite Hauptversammlung der Gesellschaft in Anwesenheit von gegen 100 Teilnehmern statt. Sie befasste sich unter dem Präsidium von P. D. Dr. A. von Moos mit der kommenden Herbsttagung, die über den im August 1957 in London stattfindenden 4. internationalen Erdbaukongress orientieren soll. Darauf folgte eine wissenschaftliche Sitzung über

Rutsch- und Fundationsfragen im Val de Travers.

Einleitend sprach Dr. R. Ruckli, Eidg. Oberbauinspektor, über die Arbeiten. Für den Kanton Neuenburg gibt es in diesem Tal sehr grosse Bauaufgaben zu bewältigen, da neben der Areuse-Korrektur, die in Zukunft die Ueberschwemmungsgefahr beseitigen soll, auch die Hauptstrasse Nr. 10 auf 7½ m Fahrbahnbreite + Radweg ausgebaut wird. Selten sind in der Schweiz auf so kleinem Raum in so kurzer Zeit so viele verschiedene erdbaumechanische Fragen aufgetreten, wie Setzungsprobleme bei den durch die Areuse-Vertiefung bedingten Sicherungsmassnahmen von Häusern, Brücken und Uferschutzbauten sowie Stabilitätsfragen bei Rutschungen, Dammschüttungen usw. Dr. Ruckli zog abschliessend die Folgerung, dass die Untergrundverhältnisse nie früh genug abgeklärt werden können. Dabei sollte mehr Gewicht als bisher auf die Stabilitätsprobleme (Scherfestigkeit) gelegt werden, da

Setzungen in der Praxis leichter zu meistern sind, und da Stabilitätsstörungen oftmals grosse zusätzliche Aufwendungen nach sich ziehen.

Ebenfalls im allgemeinen Rahmen der Probleme sprach Prof. Dr. E. Wegmann, Universität Neuenburg, über die geologischen Aspekte der Rutschungen im Val de Travers. Nachdem er die Entstehungsgeschichte des Materials kurz gestreift hatte, trat er näher auf dessen Struktur ein. Die den felsigen Untergrund bildenden, von wasserundurchlässigen Schichten durchzogenen Jurakalke sind bei der Faltung des Juras zerrissen worden. Diese Kalkschichten führen daher viel Wasser, wodurch der Talboden z. T. mit Wasser getränkt wird. Nach erfolgter Faltung hat sogleich die Erosion eingesetzt. Beim Rückzug der Gletscher am Ende der letzten Eiszeit haben Eis und Stirnmoränen das Wasser aufgestaut, wobei sich Seeablagerungen (vor allem Seekreide) gebildet haben. Diese Seekreide zeigt infolge des hohen Wassergehaltes und der Tatsache, dass sie nie vorbelastet war, thixotrope Erscheinungen.

Staatsrat Leuba, Neuenburg, gab einen Ueberblick über die hydraulischen und strassenbaulichen Arbeiten im Val de Travers. Die Verbauung der Areuse bei einer Bauzeit von 5 bis 6 Jahren wurde auf 10 Mio Fr. veranschlagt. Um das Gleichgewicht im Geschiebetransport zu gewährleisten, musste dem