

Die Pumpen-Anlage des hydraulischen Kraftakkumulierungswerkes Viverone

Autor(en): **Müller, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **75/76 (1920)**

Heft 13

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-36528>

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.

Als praktisch wichtiger Spezialfall ist das geradlinige, gleichmässig verteilte Kräftesystem (Abbildung 2) hervorzuheben. Hat man es aber mit einem solchen in einer Geraden angreifenden, linear verteilten Kräftesystem (Abbildung 1) zu tun, so muss unbedingt die Spannungsebene die Begrenzungsgerade *b* des Kräftesystems enthalten; folglich wird die Nulllinie *n* durch die Spur *B* derselben mit der Querschnittsebene gehen müssen. Beim gleichmässig verteilten Kräftesystem (Abbildung 2) fällt diese Spur *B* ins Unendliche; die Nulllinie *n* wird somit parallel zur Belastungslinie *a* verlaufen; ihre Richtung hängt vom gegebenen Kräftesystem und nicht von der Zentralellipse des Querschnittes ab.

Man sieht also, dass die übliche Theorie der Biegung mit Axialkraft nur in sehr engen Grenzen, nämlich nur für den symmetrischen Querschnitt mit senkrecht zur Symmetrieaxe gleichmässig verteilter linearer Belastung gültig ist.

Steht die Angriffsgerade *a* der gegebenen, gleichmässig verteilten Belastung nicht senkrecht zur Symmetrieaxe, oder ist der Querschnitt überhaupt nicht symmetrisch, so kann man sich dadurch helfen, dass man die Nulllinie parallel zur Belastungslinie *a* durch den Antipol der letztern (in Bezug auf die Zentralellipse des wirklichen Querschnittes) zieht. Das ist natürlich, wie jede Anwendung der Biegungstheorie auf unsymmetrische Querschnitte, nur eine rohe Annäherung; es ist aber immerhin nicht direkt falsch, wie die übliche Methode, die, von der Voraussetzung einer Spannungsebene ausgehend, in Wirklichkeit auf eine windschiefe Fläche führt.

Ob der Querschnitt Zugspannungen aufnehmen kann oder nicht, ändert an dem oben gesagten grundsätzlich nichts; ist letztgenanntes der Fall, so ist der wirksame Querschnitt unbekannt, wird aber durch eine Parallele zur gegebenen Belastungslinie begrenzt. Die Bestimmung ist also einfacher, als nach der üblichen Methode, bei der es darauf ankommt, einen Prismenstumpf über einem gegebenen Querschnitt so zu bestimmen, dass der Schwerpunkt dieses Körpers eine gegebene Lage hat: ein an und für sich interessantes Problem, das aber mit der Festigkeitslehre nichts zu tun hat.

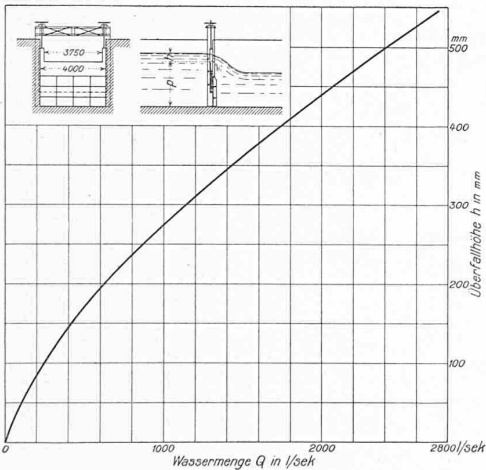


Abb. 8. Kurve der Ueberfallmengen.

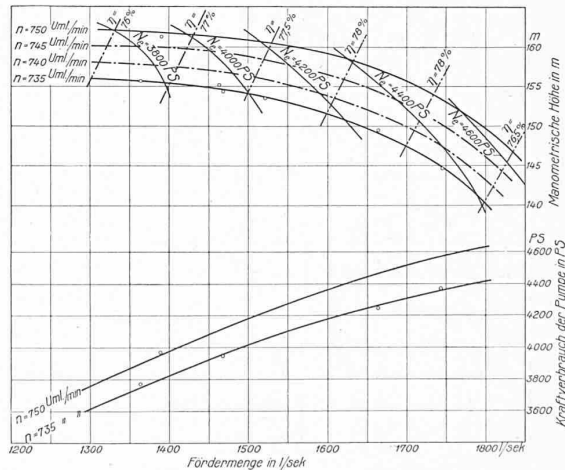


Abb. 9. Charakteristische Kurven der Pumpe von 4500 PS.

Aus dieser kurzen Prüfung der Grundlagen der Festigkeitslehre ergibt sich für den Bauingenieur die Notwendigkeit, sich in jedem einzelnen Falle von der Genauigkeit und den Gültigkeitsgrenzen der Formeln der Baustatik Rechenschaft zu geben und die der Berechnung zu Grunde gelegten Voraussetzungen mit den auf dem Bau wirklich vorhandenen Verhältnissen zu vergleichen. Sodann ist darnach zu trachten, die Konstruktionen nach Möglichkeit so anzuordnen, dass die Beanspruchung der Bauteile derart erfolgt, dass die Gültigkeitsgrenzen der betr. Rechenmethode der Festigkeitslehre nicht überschritten werden. Dies kann sehr oft mit wenig Mühe erreicht werden.

Die Pumpen-Anlage des hydraulischen Kraftakkumulierungswerkes Viverone.

Von Obering. G. Müller, Winterthur.

(Schluss von Seite 132.)

Der Nachweis der angegebenen Garantie-Leistungen hatte naturgemäss am Aufstellungsort zu erfolgen, da die Einrichtungen im Versuchsraum der liefernden Firma für derartige Leistungen nicht ausreichend sind.

Eine Hauptschwierigkeit für die Uebergabe-Versuche bildete die Messung der Fördermenge. Da eine Wassermessung auf der Druckseite ausgeschlossen war, wurde beschlossen, hierfür den 4 m breiten Verbindungskanal zwischen Viverone-See und Pumpensaugkammer (Unterwasserkanal der Turbinen) zu benützen; als Messapparat wurde der Ueberfall ohne Seitenkontraktion gewählt. Die Wassermessung mittels Ueberfall auf der Saugseite der Pumpen hatte den Nachteil, dass die ohnehin grosse Saughöhe der Pumpen um den Betrag der Ueberfallhöhe noch vergrössert wurde, ferner musste die Ueberfallschneide vertikal verschiebbar gemacht werden, denn bei feststehender Schneide wäre entweder bei grosser Pumpenleistung das Saugbassin leer gepumpt worden, und umgekehrt hätte eine kleine Pumpenleistung einen Rückstau bei Ueberfall bewirkt. Es musste also jedesmal, je nach dem beabsichtigten Pumpversuch, die Schneide vorher in die richtige Höhenlage eingestellt werden. Durch entsprechenden Einbau von Bretterwänden wurde eine seitliche Kontraktion beim Ueberfall vermieden. Für die Bestimmung der Turbinenleistung eignete sich der gleiche Ueberfall natürlich ohne weiteres.

Zur Bestimmung der Ueberfallmengen wurde die Formel von H. Bazin für vollkommenen Ueberfall, d. h. ohne Seitenkontraktion, vereinbart:¹⁾

$$Q = \left(0,405 \frac{0,003}{h}\right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{h}{H}\right)^2\right] \cdot b h \sqrt{2 g h}$$

Zur bequemen Bestimmung der Ueberfallmengen während der Versuche wurden zum Voraus verschiedene Werte von *Q* ausgerechnet und in Kurvenform aufgetragen (Abb. 8).

Es wurden sieben Hauptversuche vorgenommen, wovon sechs mit etwa 735 Uml/min und einer mit 750 Uml/min. Die Ergebnisse sind in Kurvenform in der Abb. 9 zusammengestellt; sie zeigen, dass die vertraglichen Leistungen und Wirkungsgrade im Mittel voll erreicht werden.

Die Gruppe von 1250 PS besteht im Gegensatz zu jener von 4500 PS nur aus einer Pumpe, direkt gekuppelt mit einem asynchronen

Drehstrom-Motor (siehe Abb. 5 auf Seite 131 letzter Nr.). In der Konstruktion und übrigen Ausstattung ist die Pumpe der vorbeschriebenen 4500 PS-Pumpe ähnlich.

Für diese Pumpengruppe waren vertraglich folgende Garantien vereinbart:

Fördermenge	365 l/sek
Manometrische Förderhöhe	156 m
Umdrehungszahl	960 Uml/min
Wirkungsgrad der Pumpe	76 %
Kraftbedarf	1000 PS _e .

¹⁾ Expériences nouvelles sur l'écoulement en déviation, exécutées à Dijon en 1895 par H. Bazin.

Unter voller Ausnützung der verfügbaren Motorleistung hatte die Pumpe ausserdem nachstehenden Betriebsverhältnissen zu genügen, ohne bestimmte Garantie:

Manometrische				
Förderhöhe	Fördermenge	Drehzahl	Wirkungsgrad	Kraftbedarf
<i>m</i>	<i>l/sek</i>	<i>Uml/min</i>	<i>%</i>	<i>PS</i>
156	445	980	74	1250
150	445	976	73	1250
145	463	965	72	1250
140	468	958	70	1250

Es sei noch besonders auf eine Erscheinung in den Strömungsverhältnissen in der langen Druckleitung hingewiesen, die in betriebstechnischer Hinsicht von Interesse und Bedeutung ist. Die besondern Konstruktionsverhältnisse der Druckleitung erforderten die Bedingung, dass bei Stromunterbrechung, wenn also der Motor, bezw. die Pumpe plötzlich abgeschaltet wird, die durch diese Störung verursachte momentane Druckschwelligung in der Leitung nicht mehr als 15% des Leitungsdruckes betragen dürfe. Der Versuch, der eigens zu diesem Zwecke vorgenommen wurde, hat aber gezeigt, dass diese Stösse erheblich grösser ausfielen, als erwartet wurde, und zwar stieg der Druck auf 19,5 at beim plötzlichen Abschalten von 4000 PS vom Schaltbrett bei einem Leitungsdruck von 14,3 at; die Drucksteigerung betrug also 36%. Der physikalische Vorgang ist dabei folgender: Wird der Strom unterbrochen, so fällt die Drehzahl der Pumpe rasch ab, und ihre Förderleistung vermindert sich in einem Verhältnis, das mit der Schwungmasse des Aggregates

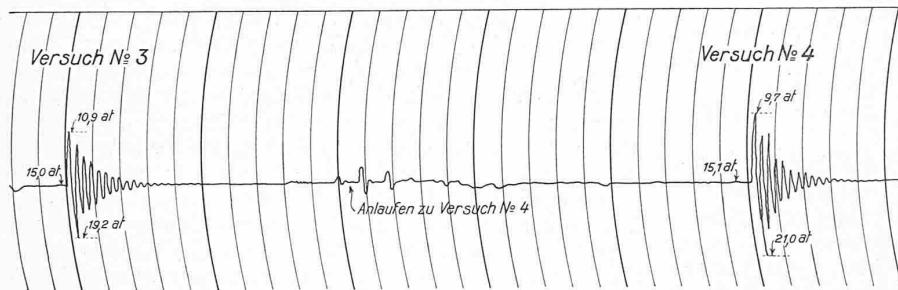


Abb. 13. Druckschwankungen bei plötzlichem Abstellen der Stromzufuhr (4 mm = 30 sek).

Die Garantievorsuche mit dieser Pumpe wurden im Versuchsraum von Gebr. Sulzer A. G. vorgenommen. Die Messungen wurden durchgeführt mit zwei konstanten Drehzahlen, 960 bzw. 990, und veränderlicher Fördermenge und Förderhöhe. Die bezüglichen Resultate sind in Abbildung 10 zusammengestellt. Eine weitere Serie Versuche wurde durchgeführt bei veränderlicher Drehzahl und konstanter Förderhöhe. (Abbildung 11.) Zur Veränderung der Drehzahl unter der normalen ist der Motor mit einem Anlasser mit Wasserwiderständen ausgerüstet; die höheren Drehzahlen wurden durch Erhöhung der Periodenzahl erreicht.

Am Aufstellungsort der Pumpe fand eine genaue Nachprüfung der obigen Versuche statt, die eine gute Uebereinstimmung mit den Vorversuchen ergab. Die Garantiewerte wurden demnach bei dieser Pumpe erheblich übertroffen.

Ueber die bei der Anlage erhaltenen Betriebresultate gibt Abbildung 12 eine gute Uebersicht. Beim jetzigen Ausbau kann der Stausee um 7,6 m aufgefüllt werden, wozu bei Vollbelastung sämtlicher Pumpen eine Pumpzeit von 38 Stunden nötig ist. Hierfür verbrauchen die Pumpen

zusammenhängt; es entsteht daher zunächst in der Leitung ein Unterdruck (im vorliegenden Falle etwa 10 at), dem sofort, gemäss der einfachen Erscheinung des Gegenstosses, ein Ueberdruck von ungefähr der gleichen Intensität folgt. Diese rasch kleiner werdenden Pulsationen wiederholen sich mehrmals und pendeln schliesslich aus in den statischen Druck. Die Stärke und Dauer der Stösse hängen natürlich in hohem Masse ab von Länge, Form und Durchmesser der Leitung bezw. von der Wassergeschwindigkeit. Genaue Messungen über diese interessanten Schwingungen, hauptsächlich über deren Zeitdauer, konnten leider in Viverone nicht vorgenommen werden; dagegen bot sich später bei der Akkumulierungs-Anlage des Elektrizitätswerks Schaffhausen¹⁾, wo annähernd die

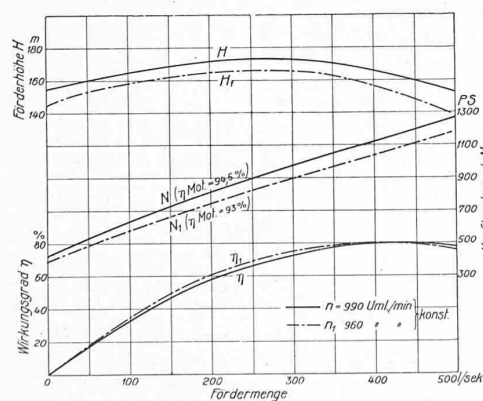


Abb. 10. Charakteristische Kurven der Pumpe von 1250 PS bei konstanter Drehzahl.

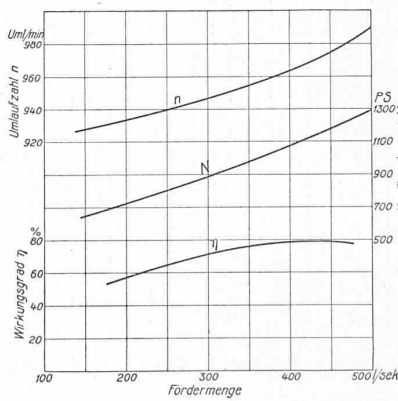


Abb. 11. Charakt. Kurven der Pumpe von 1250 PS bei konstanter Förderhöhe.

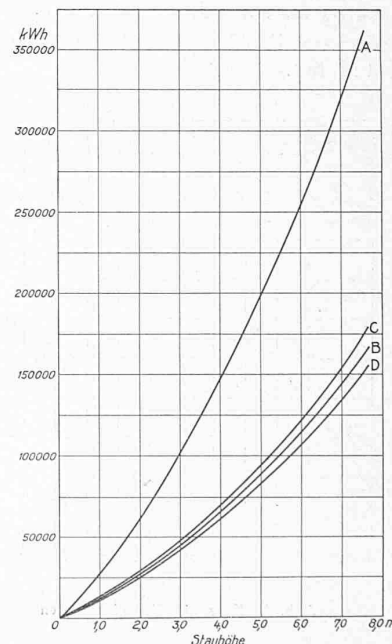


Abb. 12. Allgemeine Betriebs-Charakteristik des Akkumulierungswerkes Viverone.

an elektrischer Energie rund 8400 kW an den Motorklemmen gemessen oder 9400 kW am Transformator eingehrt. Zum Auffüllen des Bertignano-Sees werden demnach rund 360000 kWh verbraucht (Kurve A). Bei Vollbelastung der Maschinen (Kurve C) werden rund 176000 kWh zurückgewonnen, bei 3/4 Belastung (Kurve B) rund 165000 kWh und bei 1/2 Belastung (Kurve D) rund 155000 kWh. Die entsprechenden Gesamtwirkungsgrade sind somit 49%, 46% und 43%.

gleichen Druckverhältnisse und Leitungsanordnungen vorhanden sind wie in Viverone, Gelegenheit, genauere Messungen vorzunehmen. Die Ergebnisse dieser Messungen sind aus dem Diagramm Abbildung 13 ersichtlich.

Dieses Diagramm zeigt deutlich, dass die Intensität der Schwingungen zunimmt mit der Grösse der ausgeschalteten Leistung, d. h. mit steigender Wassergeschwindigkeit in der

¹⁾ Beschrieben im Band LV, S. 125 u. ff. (März 1910). Auch als Sonderabdruck erschienen. Red.

Rohrleitung. Die Zeitdauer der Druckpulsationen von der grössten Anschwellung bis zum Auspendeln betrug acht Sekunden. Es ist wohl unnötig darauf hinzuweisen, dass derartige Versuche im höchsten Grade gewagt und gefährlich sind, da bei den heftigen Stosswirkungen allzu leicht Leitungsbrüche eintreten können.

Bei der fertiggestellten Anlage Viverone boten sich nicht unerhebliche Schwierigkeiten, diese schädlichen Drucksteigerungen zu vermindern. Die nächstliegende Lösung war die, während der Gegenstossperiode automatisch Wasser hinter der Rückschlagklappe abzulassen, d. h. ein sogenanntes Synchron-Ventil einzubauen, ähnlich wie es bei Turbinen-Anlagen für den gleichen Zweck angewendet wird. Die örtlichen Verhältnisse gestatteten jedoch ohne sehr eingreifende Änderungen eine solche Lösung nicht, ebensowenig war eine Vergrösserung der Schwungmassen der rotierenden Teile durchführbar. Die Lösung wurde schliesslich darin gefunden, den „By-pass“ von 300 mm l. W. zwischen Regulier-Ventil und Pumpe als Durchlassventil umzubauen.

Dieser hydraulisch betätigte Zusatzapparat (Abb. 14) wirkt vollkommen automatisch und hat den Erwartungen voll und ganz entsprochen. Seine Wirkungsweise ist die folgende: Wird die Pumpe in Betrieb gesetzt, so ist der dynamische Druck bei A wegen der Widerstands-Verluste durch die Ventil C grösser als bei B. Die Folge davon ist, dass sich das Durchlassventil D öffnet, und während des Betriebes offen bleibt. Bei Stromunterbruch schliesst das Ventil C rasch, und ein Teil des Wassers in der Druckleitung fliesst nun durch das stets offene Ventil D zurück, wodurch der Gegenstoss in der Leitung B stark abgeschwächt wird. Da nunmehr der Druck bei B grösser wird als bei A, schliesst der Schieber D langsam; die Schliesszeit kann durch einen Hahn genau reguliert werden. Dieser Apparat hat sich vorzüglich bewährt; die ange-

stellten Versuche haben ergeben, dass beim plötzlichen Abschalten von 4000 PS die Drucksteigerung nur noch etwa 14% betrug. Weitere Versuche haben gezeigt, dass sogar beim Abschalten von 7000 PS die pulsierende Druck-Anschwellung sich nur noch auf 16 bis 17% des jeweiligen Leitungsdruckes belief (Abbildung 15).

Neben der vorgehend beschriebenen Zentrale in Viverone besitzt die gleiche Gesellschaft bereits seit 1910 eine Akkumulierungsanlage in Funghera im Sturatale (Abbildung 16), über die hier noch einiges mitgeteilt sei.

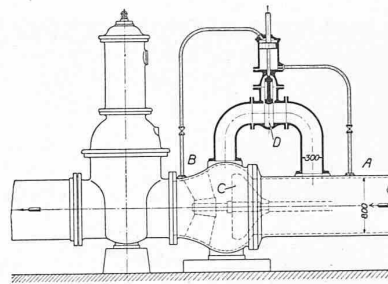


Abb. 14. Automat. Durchlassventil. — 1:100.

Diese Anlage ist angeschlossen an das dortige Niederdruck-Werk. Sie besteht aus einer Gruppe Pumpe – Generator – Turbine mit einer Leistungsfähigkeit von 4000 PS, deren Pumpe (Abbild. 17) gleichfalls aus den Werkstätten der Firma Gebr. Sulzer A.-G. in Winterthur stammt.

Im Gegensatz zu der Anlage von Viverone mussten bei der Anlage in Funghera künstliche Sammelweihler erstellt werden, was naturgemäss mit bedeutenden Kosten verbunden war. Jedes der beiden Sammelbecken hat einen Inhalt von rd. 50000 m³. Da sich beim Aufpumpen das untere Reservoir entleert und das obere auffüllt, so ergibt sich für die Pumpe eine veränderliche Förderhöhe zwischen 134 m und 152 m. Die Auffüllung des Hochreservoirs erfolgt in der Zeit von rd. acht Stunden während der Nacht, wobei der Strom von der Niederdruck-Zentrale

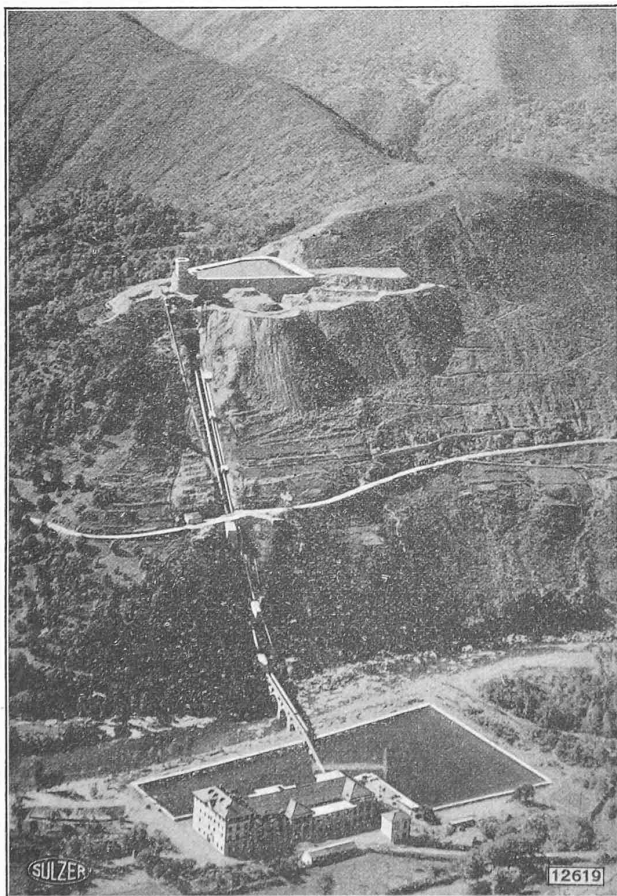


Abb. 17. Gesamtansicht des Akkumulierungswerkes Funghera der „Società Anonima Elettività Alta Italia“. (Cliché Gebr. Sulzer.)

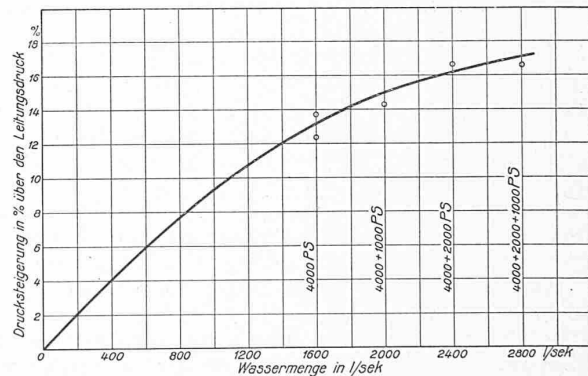


Abb. 15. Drucksteigerung nach Einbau des automatischen Durchlassventils.

geliefert wird. Der für diese Pumparbeit erforderliche Energieaufwand beträgt im Gesamten 29000 kWh bezw. 0,58 kWh für den m³ gehobenen Wassers.

Diese in musterhafter Weise durchgeführten Akkumulierungsanlagen der „Alta Italia“ entsprechen voll und ganz den in sie gesetzten Erwartungen; die Betriebsergebnisse sind vorzügliche, sodass die der Gesellschaft gehörende grosse Dampfzentrale in Turin vollständig ausser Betrieb gesetzt werden konnte.

Eine weitere Anlage von besonders grosser Leistung soll hier noch kurz erwähnt werden, nämlich die gegenwärtig für die Cie. des Forges et Acieries Electriques Paul Girod in Ugine (Savoyen) im Bau begriffene hydraulische Akkumulierungs-Anlage. Es werden in diesem Werke, das im südwestlichen Hochalpengebiet der Mont-Blanc-Gruppe erstellt wird, vier Einheiten Pumpe – Generator – Turbine zur Aufstellung kommen mit einer Leistung von insgesamt 20000 PS; der erste Ausbau erfolgt mit zwei Einheiten von je 5000 PS. Auch für diese Anlage ist die Lieferung der Pumpen der Firma Gebrüder Sulzer A. G. in Winterthur übertragen

worden. Die von den Pumpen zu überwindende Förderhöhe beträgt rd. 515 m, sie haben das Wasser in den 1735 m über Meer gelegenen „Lac de la Girotte“ zu pumpen. Dieser Stausee hat ein nutzbares Fassungsvermögen von 30 Millionen m^3 , und da die natürlichen Zuflüsse ziemlich gering sind, muss etwa die Hälfte des Inhaltes aufgepumpt werden. Die Pumparbeit wird auf die Monate Mai bis Juli verlegt, d. h. in die Zeit der grossen Schneeschmelze im Mont-Blanc Gebiet. Infolge der gewaltigen Wasserzuflüsse in dieser Zeit wird eine grosse Menge überschüssigen Stromes

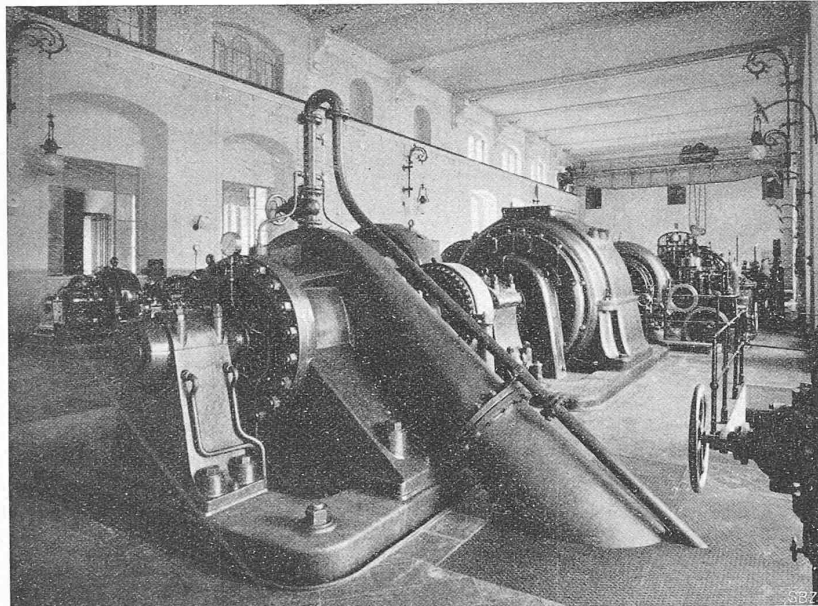


Abb. 17. Maschinengruppe von 4030 PS des Kraftakkumulierungswerkes Funghera.

frei, der für die Pumparbeit zum Auffüllen des Stausees verwendet wird. Die auf diese Weise aufgespeicherte Wassermenge gibt ihre Energie mit einem Totalgefälle von rd. 1300 m in verschiedenen Druckstufen an die Turbinen ab, und man rechnet bei dieser günstigen Ausnutzung mit einer Produktion von 2,5 kWh pro m^3 Wasser. Es werden somit mit dieser Akkumulierungsanlage nach dem fertigen Ausbau rd. 75 Millionen kWh als kostbare Aushilfe während der wasserarmen Winterzeit erzeugt werden können.

Gewiss in keinem Lande liegen die Verhältnisse zur Erstellung rationeller Akkumulierungsanlagen so günstig wie in der Schweiz. Neben der Ausbeutung unbenützt abfliessenden Betriebswassers denken wir namentlich auch an die Ausnutzung der gewaltigen Wasserspeicher der Grundwasserbecken unserer Hochtäler zur Erzeugung von Winterkraft. Besondere Erwähnung verdienen in dieser Hinsicht die sehr bemerkenswerten Vorschläge von Ing. R. Moor in Zürich. Wie bekannt ist eines dieser Projekte bereits erfolgreich gelöst worden in der Erstellung der Grundwasser-Akkumulierungsanlage in Engelberg, wodurch beim Elektrizitätswerk der Stadt Luzern die Konstantkraft im Winter wesentlich gehoben werden konnte.¹⁾

Vom „Lehm-Bau“.

Von Architekt Hans Naef in Zürich.

Die Welt-Kohlennot wird noch lange dauern. Wir müssen Kohlen in allen Gebieten ihrer bisherigen Anwendung ganz ausschalten oder so viel wie nur möglich sparen. Für den Wohnungsbau heisst das: Verwendung von Mindestmengen kohlenverzehrender Baustoffe, sowohl was die Herstellung der Baustoffe, als was die spätere Beheizung der Bauten anbelangt, ferner möglichste Ausschaltung der Bahntransporte.

¹⁾ Siehe Band LXXII S. 39 u. 51 (3. u. 10. August 1918).

Die Befolgung dieser Forderungen bedeutet in der Regel gleichzeitig eine Verbilligung der Bauweise und wird deshalb zum zentralen Problem des Wohnungsbaues auch dort, wo Kohlen noch erhältlich sind. Bei der Untersuchung von Bauweisen, die den üblichen Vollmauer-Backsteinbau ersetzen sollen, ist in erster Linie die Wärmehaltung der Wand zu betrachten. Eine Aussenwand soll erstens möglichst wärmeundurchlässig sein¹⁾ und zweitens ein möglichst grosses Wärmespeichervermögen besitzen, das dem Raum eine konstante Temperatur sichert. Bedeutung erhält der Mangel an Wärmespeicherung z. B. beim Holzbau, auch wenn die Wärmeundurchlässigkeit gut ist. Ein solcher Bau ist rasch warm, kühlt sich aber viel rascher wieder ab, als ein Vollmauerbau. Abhilfe muss geschaffen werden durch Ausfüllen der Hohlräume mit wärmespeichernden Stoffen, z. B. Lehm und durch Verwendung von grossen wärmespeichernden Kachelöfen.

Allen hier genannten Forderungen entspricht der Lehm-Bau: Ausschaltung der Kohle, gute Wärmehaltung, Wegfall des Bahntransportes, überdies Feuersicherheit und Billigkeit.

Der Lehm-Bau ist eine der ältesten Bauarten. In Deutschland, wo Fabriken und Wohnhäuser aus Lehm seit alters bestehen, findet er wieder eingehende Beachtung der Behörden und Bauvereine. Es werden Lehrkurse eingerichtet und zahlreiche Ausführungen in allen Landesteilen vorgenommen. Ueber alle Fragen und bisherigen Erfahrungen gibt ausgezeichnet die jüngst erschienene Druckschrift des Reichskommissars für Wohnungswesen „Sparsames Bauen“²⁾ Auskunft, die weitere Literatur nachweist

und der ich hier verschiedene Angaben entnehme. Auch über Ziegelmauerwerk, Holzbau, Zementbauweise, Wandbekleidung und Dachdeckung orientiert die sehr beachtenswerte Schrift.

Bei uns würde dem Lehm-Bau weniger Misstrauen entgegengebracht, wenn bekannt wäre, dass zahlreiche Lehm-Bauten auch in der Schweiz stehen, die von Steinbauten nicht zu unterscheiden sind. Sehr alte Bauten sollen in Thundorf und Lipperswil, Kt. Thurgau, und in Ebnet im Toggenburg sich befinden. Von sieben Lehm-Häusern, die in Fislisbach zwischen Baden und Mellingen im Aargau stehen, habe ich fünf besucht. Es sind zweistöckige Normenbauten, die nach einem Dorfbrand im Jahre 1849 gebaut wurden und ausgezeichnet erhalten sind. Ueber die Wärme in den Zimmern hört man nur ein Lob, kleine Risse bei den Fenstern sah ich nur bei einem Hause, dessen Verputz schon über 40 Jahre alt ist. An unverputzten Lehmsteinen in Scheunen konnte ich nur mit Mühe einige Körner wegkratzen und von den gestampften Mauern sagte alt Baumeister Schibli, der selbst eines der Häuser bewohnt, er hätte beim Abbruch des Stalles grosse Mühe gehabt, mit dem Zweispitz die steinharte Mauer zu entfernen, und beim ehemaligen Schweinestall sei die Mauer glashart gewesen. Schon vor 71 Jahren brachen beim Abschroten der fertiggestellten Mauern eingelagerte Steine eher, als dass sie aus der Mauer herausfielen; die damals nach einigen Monaten schon erreichte Festigkeit hat also nicht nachgelassen. Die Kellermauern bis 60 cm über Boden sind in Bruchsteinen hergestellt, die Erdgeschossmauern aus 51 cm starkem Stampflehm. Die Obergeschosse von zwei Häusern sind ebenfalls in Stampflehm ausgeführt, während bei dreien der früher im Dorf übliche Riegelbau verwendet ist, wobei

¹⁾ Vergl. die Ausführungen von Arch. E. Schulthess in „S. B. Z.“ Bd. LXXIV, Seite 211 (vom 25. X. 1919).

²⁾ Verlag Wilh. Ernst und Sohn, Berlin 1920 mit 118 Textabbildungen.