Eine 9700 PS Hochdruck-Francisturbine im Kraftnetze der "California Gas and Electric Corporation of San Franzisko", Kalifornien

Autor(en): **Pfau, Arnold**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **51/52 (1908)**

Heft 10

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-27476

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Eine 9700 PS Hochdruck-Francisturbine im Kraftnetze der „California Gas and Electric Corporation of San Franzisko". — Zwei Geschäftshäuser in Basel. — Ueber doppelte Sprengwerke. — Die Generalversammlung des Schweiz. elektrotechnischen Vereins und des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke. — Miscellanea: Staatliche Bebauungsvorschriften in Bayern. Der IX. Tag für Denkmalpflege. Stau- und Kraftwerke Emmental. Die XXXV. Jahresversammlung des Schweizer. Vereins von Gas- und Wasserfachmännern. Eine bewegliche Treppe, System Hocquart. Flanschenverbindungen mit enggestellten Schrauben. Fortbildungsschule der Firma Gebr. Sulzer. Eine altægyptische Wasserleitung. Eidgenössisches Polytechnikum. Die Restaurierung der Minoritenkirche in Wien. Der Wiederaufbau des Markusturmes in Venedig. Gedenktafel für Heinrich Heine. Ständige Kunstausstellung in Baden-Baden. — Konkurrenzen: Gewinnung von Wasserkräften am Walchensee. — Nekrologie: A. H. Becquerel. — Literatur: Die Villa Imperiale in Pesaro. Die Hohkönigsburg. Literarische Neuigkeiten. — Vereinsnachrichten: G. e. P.: Stellenvermittlung.

Bd. 52. *Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur unter der Bedingung genauester Quellenangabe gestattet.* Nr. 10.

Eine 9700 PS Hochdruck-Francisturbine im Kraftnetze der „California Gas and Electric Corporation of San Franzisko", Kalifornien.

Von *Arnold Pfau*, Resid. Consult. Engineer, Milwaukee.

(Schluss.)

Während in der europäischen Turbinenpraxis und ganz besonders in Oesterreich der Turbinenfirma die Anordnung und Konstruktion der hydromechanischen Elemente, wie Schützen, Rechen, Rohrleitung, Schieber zu den Turbinen und anderer Hilfsapparate überlassen werden, zeigt sich in Amerika bis jetzt leider nur zu oft, dass sowohl die Korporationen, die in eigener Regie bauen, als auch die Consulting Engineers, welche für Korporationen die Bauleitung übernehmen, meistens die einzelnen Elemente an verschiedenen Orten zusammenkaufen und dann unter ihrer Leitung an Ort und Stelle zusammensetzen. Für den Turbinenbauer bleibt dann oft nur der Auftrag für die Turbine allein übrig und dies erst dann, wenn schon die Umlaufzahl durch Ankauf eines auf dem Markte gefundenen Generators (günstiger Preis, kurze Lieferzeit weil ab Lager oder von vorhandenen Modellen) bestimmt ist, und wenn schon die Zubehörden in ihren Dimensionen unwandelbar gegeben sind. Es ist dann auch nicht verwunderlich, wenn das Gesamtbild solcher Aggregate nicht nur auf den ersten Anblick verrät, dass es an Einheitlichkeit fehlt, sondern oft ein schlagendes Beispiel dafür ist, wie man mit viel Geld und Platzverschwendung weniger erreichen hann, als es der

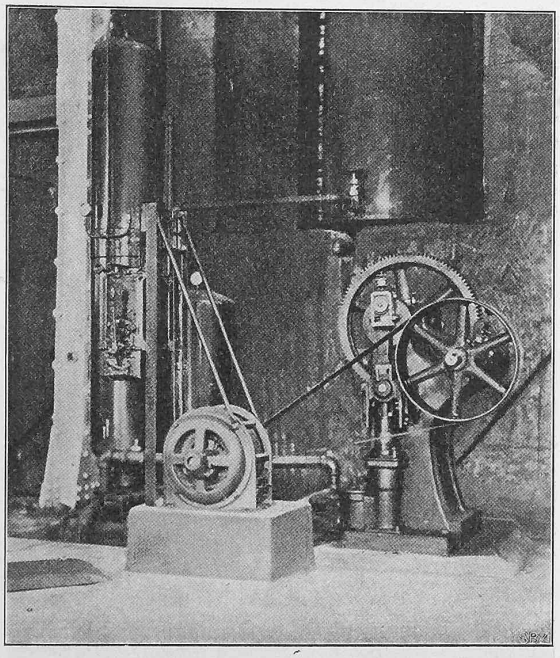

Abb. 7. Oeldruckpumpe mit Antrieb und Windkessel.

Fall wäre, wenn alle Faktoren vorher richtig miteinander in Einklang gebracht würden. In einer vom Verfasser früher in diesem Blatte veröffentlichten Abhandlung [1]) wird erwähnt, dass der Typenbau in Amerika bis jetzt den Handel noch vorwiegend beherrscht, ja sich die Kundschaft sogar in diesem Sinne erzogen hat. Dies gilt auch ganz

[1]) Der amerikanische Wasser-Turbinenbau in europäischem Streiflichte. Bd. IL, S. 2 u. ff.

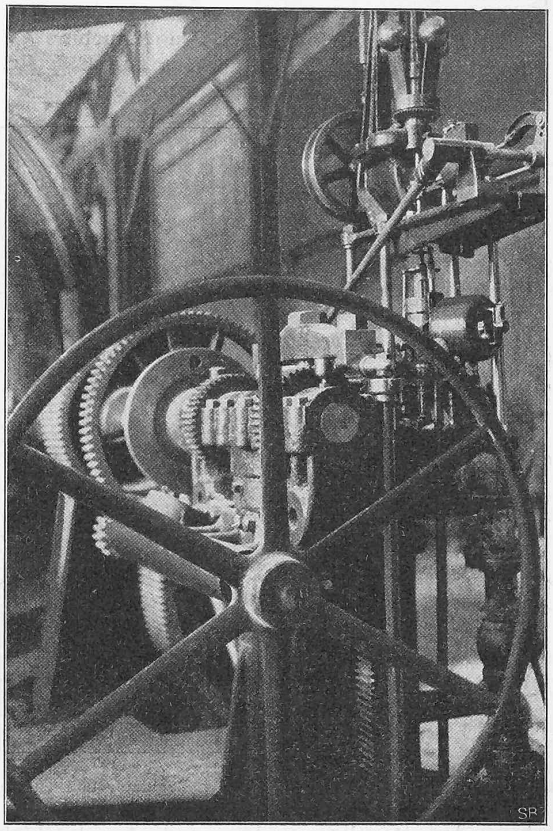

Abb. 8. Oeldruckregulator, System Lombard.

besonders mit Bezug auf den Regulatorenbau, in dem zahlreiche Firmen allerdings Grosses leisten, da sie imstande sind, nicht nur zufolge der Grossen Lager rasche Lieferzeit zu garantieren, sondern auch infolge einer durchgebildeten Normalisierung und Massenfabrikation des Artikels mit ansehnlichem Nutzen verhältnismässig gute und billige Ware abzusetzen. Wird der Regulator nicht vom Turbinenbauer geliefert, so hat dieser nur zu garantieren, dass die für die Regulierarbeit von ihm angegebenen Fusspfunde (0,138 *mkg*) nicht überschritten werden. Es ist dann ganz, Sache des Regulatorlieferanten, sich darum zu kümmern ob sein Regulatortyp auch wirklich den Schwungmassen, Druck- und Saugverhältnissen der Anlage geziemend Rechnung trägt. Dass auch in dieser Hinsicht oft recht interessante Erscheinungen bei Inbetriebsetzung zu Tage treten, ist klar.

Der die 9700 *PS* Hochdruck-Francis-Turbine bedienende *Regulator* ist der grösste Normaltyp (type Q) der *Lombard Governor Company* of Ashland Mass. U. S. A. Während früher die Erzeugnisse dieser Firma stets als abgeschlossenes Ganzes (selfcontained) geliefert wurden, wobei Servomotor, Pumpe, Druck- und Saugwindkessel in einem Aggregat vereinigt waren, wird jetzt der neue Typ in getrennten Teilen geliefert. Das Bildchen Abbildung 7 zeigt die von einem Pumpenlieferanten bezogene Oeldruckpumpe. Sie ist als Dreizylinder Plungerpumpe ausgeführt und hat eine Zahnradübersetzung mit fliegender Antriebriemenscheibe. Der sie treibende Induktionsmotor wird, unabhängig vom Generator, aus dem Kraftnetz selbst gespeist; sie wird also versagen, sobald der Strom im Netze unterbrochen ist. Der Druck- und der Vacuumkessel stehen in unmittelbarer

Nähe auf besonderer, äusserst leicht gehaltener Fundamentplatte direkt auf den Boden gesetzt. Gewöhnliche schmiedeiserne Muffenröhren stellen die Verbindung unter Pumpe, Windkesseln und Servomotor her.

Der in Abbildung 8 zum Teil abgebildete Servomotor ist ein für sich abgeschlossenes Ganzes. Den Hauptkörper bildet der vertikale Regulierzylinder, an den in bemerkenswerter Gedrängtheit alle Stutzen angegossen sind, die zur

Eine 9700 PS Hochdruck-Francisturbine im Kraftnetz der „California Gas and Electric Corporation of San Franzisko".

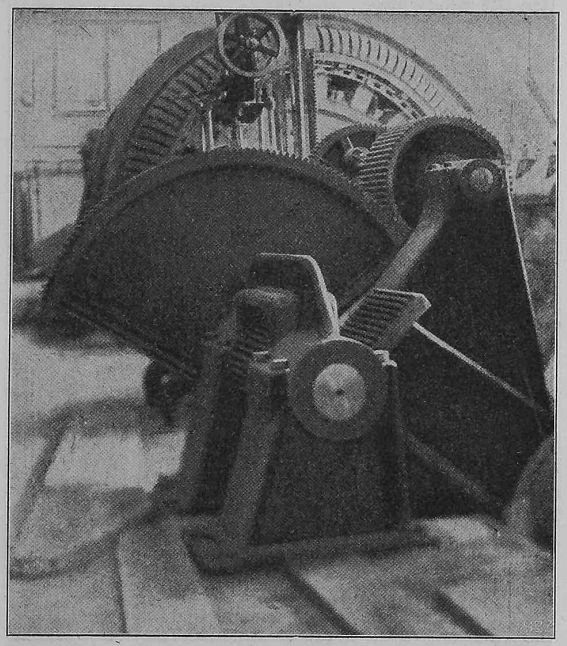

Abb. 9. Anpassungsübersetzung zwischen Regulator und Turbine.

Aufnahme des Reguliergetriebes und der Rückführung dienen. Der mit verhältnismässig grossem Hube arbeitende Kolben durchdringt den mit dem Zylinder aus einem Stücke gegossenen Deckel in einer gewöhnlichen Stopfbüchse. Die Kolbenstange trägt ein freischwebendes, schmiedeisernes Querhaupt, an dem zur Uebertragung der Regulierkraft die zwei Zahnstangen befestigt sind, die an Gegenrollen geführt werden. Die Zahnkolben machen eine ganze Umdrehung; ihre Bewegung wird je nach dem vom Turbinenbauer angegebenen Ausschlagswinkel der Turbinenregulierwelle durch eine beträchtliche Anzahl von weitern Stirnrädergetrieben und Zahnsegmenten übersetzt, wie aus Abbildung 9 ersichtlich ist. Die erste Regulierwelle (Abb. 9 oben rechts) macht noch eine ganze Umdrehung; sie trägt ein Stirnrad, in dessen untere Seite ein Kolben eingreift, der auf einer Vorgelegewelle gelagert ist, die auch das Handrad trägt und durch achsiale Verschiebung aus- und eingerückt werden kann (Abb. 8). Eine gewöhnliche Planscheibe mit ausziehbarem Stift stellt die Verbindung zwischen Regulator und Getriebe her. Die Handregulierung ist nicht selbsthemmend, weshalb an den Speichen des Handrades künstlich arretiert werden muss, um zu verhüten, dass eine Rückwirkung von den Drehschaufeln her die Einstellung der Turbinenenleistung verändert. Ueber dem Regulierzylinder befindet sich, wie Abbildung 10 zeigt, auf vier blanken Säulen gelagert, der Tisch mit dem Fliehkraftregler und der Rückführung. Die Konstruktion des Fliehkraftreglers ist so einfach, dass sie in Amerika zu verschiedensten Zwecken nachgeahmt und verwendet wird. Die vier Schwungkugeln haben rechteckige Oeffnungen, durch die mehrere Blattfedern gezogen sind. Diese sind an ihren untern Enden in einem Ringe gehalten, an dem das eine Kegelrad des horizontalen Riemenantriebes des Reglers befestigt ist. Die obern Enden münden in einen zweiten, sich achsial auf der vertikalen Spindel verschiebenden Ring. Eine Erhöhung der Umlaufzahl bewirkt eine Ausbiegung der Federn und damit ein Senken des obern Ringes und der damit verbundenen Muffe im Innern desselben. Mit der Muffe ist die Steuerspindel gekuppelt, deren Verlängerung vertikal nach abwärts den Steuerstift und Kolben des Vorsteuerventiles betätigt. Das obere Ende der Steuerspindel führt zu einem zweiarmigen Hebel mit einstellbarer Zugfeder zur Veränderung der Umlaufzahl des Reglers selbst während des Betriebes. Innerhalb der vier Tragsäulen befindet sich das direkt auf dem Hauptsteuerventil aufgesetzte Vorsteuerventil. Das Vorsteuerventil ist einfachwirkend, der Steuerkolben von nur etwa 20 *mm* Durchmesser ein Zylinderchen aus gehärtetem Werkzeugstahl und sorgfältig dichtend eingeschliffen. Das Ventilgehäuse ist mit gehärteter und geschliffener Stahlbüchse versehen, die mittelst eines Mikrometergewindes von aussen um ganz kleine Beträge gehoben oder gesenkt werden kann, wodurch ihre, den Oberteil des Steuerregisters bildende Unterkante eine Veränderung der Ueberdeckung der Kolbensteuerung zulässt und so die Empfindlichkeit des Regulators einstellbar macht. Das Hauptsteuerventil ist ein horizontal liegender, äusserst sorgfältig gehärteter, geschliffener, doppeltsteuernder Zylinderkolben mit kleiner Ueberdeckung. Auf die zentralen Stirnflächen des Steuerkolbens stossen fortwährend zwei Treibkölbchen, deren Flächenverhältnis etwa 1 : 2 beträgt. Die Aussenseite des kleinen Kölbchens steht unter konstantem Windkesseldruck, während die des grössern je nach der Stellung des Vorsteuerventiles entweder auch mit dem Windkessel oder aber mit der Rückleitung ins Vacuum verbunden ist. Im ersten Falle schiebt der Ueberdruck des grossen Kolbens den Steuerschieber in der Richtung gegen den kleinern Treibkolben, im andern Fall jedoch in entgegengesetzter Richtung. Die Steuerkanäle des Hauptventiles sind mit dem Regulierzylinder direkt verbunden. Die für denselben nötige Oelmenge wird nicht durch das

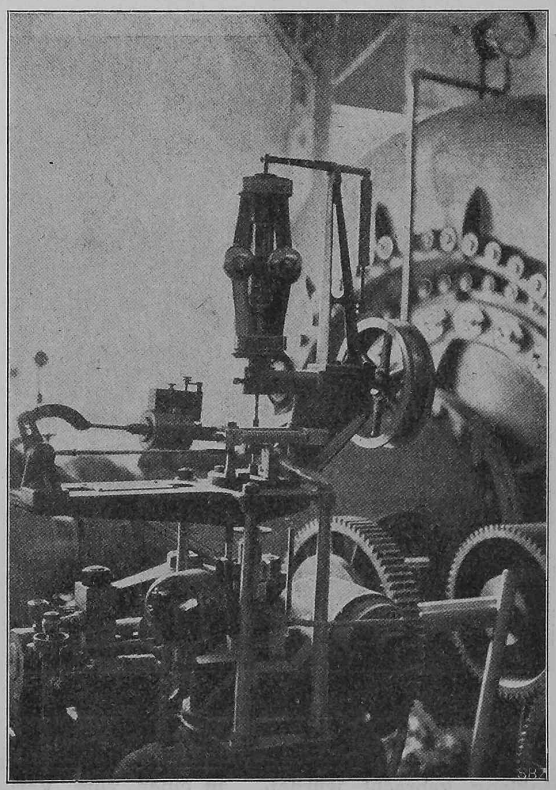

Abb. 10. Regulator-Oberteil mit Pendel und kombinierter Rückführung.

kleine Steuerventil geführt, sondern direkt an die Peripherie des Mittelteiles des Hauptsteuerkolbens geleitet. Auch dieser hat keine zwangläufige, mechanische Rückführung, sondern wird hydraulisch in seine Mittellage zurückgeführt.

Um eine Ueberregulierung zu verhindern, ist eine besondere Vorrichtung angebracht. In Abbildung 10 links unten ist zu erkennen, dass in die linksseitige Zahnstange ein Säulchen eingeschraubt ist, das einen Plungerkolben trägt, der in einem Zylinder je nach Massgabe des Regulatorhubes eine gewisse Oelmenge ansaugt oder verdrängt. Der Zylinder kommuniziert mit der Zylinderseite des kleinen Treibkölbchens des Hauptsteuerventils in der Weise, dass Oel angesaugt wird, wenn die Stellung des Vorsteuerkolbens eine solche ist, dass Oeldruck in die kleine Zylinderseite tritt, während umgekehrt diese Gegenpumpe Oel in den kleinen Treibzylinder fördert, wenn dort der Druck über das Vorsteuerventil abgelassen wird. Diese reciproke Bewegung hat eine absolut dämpfende Wirkung.

Die mechanische Rückführung des Vorsteuerkölbchens geschieht folgendermassen: An das rechtsseitige Querhauptende ist ein Oesenscharnier befestigt, in welchem der Hebel gleitet, der auf der Rückführungswelle sitzt. Demzufolge beschreibt diese je nach Massgabe des Regulierkolbenhubes einen gewissen Ausschlagswinkel. Es sind nun von dieser Welle zwei Rückführungsbewegungen abgeleitet, deren Hübe sich verhalten etwa wie 5 : 1. Würden beide starr unter sich verbunden sein, so wäre eine Verbiegung der beteiligten Gestänge die Folge; sie sind aber flexibel untereinander verbunden, und so kombiniert, dass zuerst der grosse Rückführungshub auf das Vorsteuerventil einwirkt und nachher vermittelst der Feder, welche die Differenz der Hübe aufnahm, ein Ausgleich ausgeübt wird, dessen Wirksamkeit in Bezug auf Zeit durch einen im Gestänge der ersten Rückführung eingeschalteten Oelkatarrakt beliebig eingestellt werden kann.

Die mit diesem Oelkatarrakte versehene Rückführung mündet in einer feingezahnten Stange, die in das auf die Spindel des Vorsteuerkölbchens gesetzte Stirnkölbchen eingreift. Ein Verschieben dieser Zahnstange bewirkt also eine Verdrehung der Ventilspindel. Da sich nun deren oberes Ende in der Reglermuffe in einem starksteigenden Gewinde verdrehen kann, wird dadurch ein Heben und Senken des Ventilstiftes und damit die Rückführung bewerkstelligt. Der Umstand, dass das Stirnkölbchen in der Zahnstange sich ungehindert auf und ab bewegen kann, erlaubt dem Regler, jederzeit direkt den Steuerstift aus seiner Mittellage in vollem Betrage des Hubes zu bewegen. Dadurch ist eine äusserst empfindliche Reguliereinleitung gegeben, umsomehr als das Gewicht des Vorsteuerkölbchens und der Spindel nicht nur sehr klein, sondern zudem noch hydraulisch annähernd ausbalanciert ist. Der vom Regulierkolben ausgehende Rückführungshub wird im Gewinde einen endgiltigen Betrag erreichen, der grundsätzlich demjenigen aktiven Hube des Reglers gleichkommt, der nötig ist, um den Treibkolben von einer Endlage in die andere zu bringen. Entspricht also diesem aktiven Hube des Reglers ein relativer Tourenunterschied von 15 % (± 7,5 %) der normalen, so wäre der Tourenabfall zwischen Leerlauf und Reguliervorgang bei genügenden Schwungmassen beziehen, wobei sich die Umlaufzahl und damit die Muffenlage des Reglers nicht rascher ändert, als dass der Servomotor auch zu gleicher Zeit seine entsprechende Gleichgewichtslage annehmen kann.

Diagramm *a* stellt eine Belastung dar unter gänzlicher Weglassung der zweiten Rückführung. Der Tourenabfall bei voller Belastung beträgt also $\delta = 15\,\%$ und die Schlusszeit des Regulators wie auch die Zeit der totalen Muffenerhebung beträgt T Sekunden ($\delta = \Delta n = 15\,\%$).

Diagramm *b* stellt eine Belastung dar mit Einschaltung der zweiten Rückführung, jedoch noch so gedacht, dass dieselbe erst zu wirken anfange, wenn der unter Diagramm *a* geschilderte Vorgang bereits abgeschlossen ist. Zu der früheren Regulierperiode T wird also nun eine korrigierende Oeffnungsperiode T_2 hinzugefügt und dadurch die Umlaufzahl so erhöht, dass der Tourenabfall von $\delta = 15\,\%$ auf $\frac{\delta}{2} + \frac{\delta'}{2}$ reduziert wird, daher nur noch 9 % beträgt. Hätte die zweite Rückführung im ersten Falle vor Beginn der jetzigen Regulierperiode gewirkt, so wäre die Umlaufzahl bei der Turbine nicht 7,5 % über der normalen gewesen, sondern nur 1,5 %. Dann wäre der erste aperiodische Abfall vor Korrektur 1,5 % + 7,5 % = 9 %; er würde sodann durch Einwirkung der zweiten Rückführung reduziert auf 1,5 % + 1,5 % = 3 %, wie Diagramm *c* zeigt.

Unter normalen Verhältnissen ist aber die zweite Rückführung stets zur Aktion bereit, sobald eine Regulierperiode anfängt. Es wird also schon, während die erste Rückführung arbeitet, eine Reduktion ihres Hubes durch die zweite Rückführung eintreten. Stellt also im Falle *b* T_2 allein die Zeit der Einwirkung der zweiten Rückführung dar, so ist unter gewöhnlichen Verhältnissen ein Teil dieser Zeit schon in T enthalten. Es wird also dadurch die Schlusszeit des Regulators abgekürzt, was eine Verminderung des totalen Tourenabfalles zur Folge haben muss, wie aus Diagramm *d* hervorgeht.

Ebenso würde die zweite Rückführung direkt einwirken, wenn wir die Oelbremse gänzlich lösen, und es wäre dann, immer noch aperiodische Regulierung vorausgesetzt, der maximale Tourenabfall von Leerlauf zu Vollast nur 3 % ($T_2 = 0$, $T' = T$, $\Delta n = \delta' = 3\,\%$).

Durch Einstellen der Bremse können nun alle zwischen 15 % und 3 % liegenden Werte erzielt werden. Dies ist aber in der Praxis nicht immer zulässig, denn die verkürzte Schlusszeit T'' kann unter Umständen so gering werden, dass dadurch störende Einflüsse auftreten, welche immer dort erscheinen werden, wo eine lange Rohrleitung oder Wasserführung die Beschleunigung oder Verzögerung der Wassergeschwindigkeit bei Belastungsschwankungen beeinflusst.

Weitere kleinere Einzelheiten des beschriebenen Rerulators übergehend, seien nur noch die Parallelschaltvorrichtung (synchroniser) und die Handabstellvorrichtung (hand stop) erwähnt.

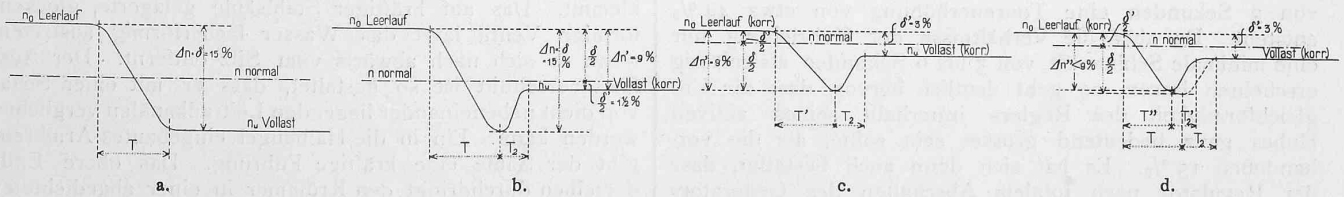

Abb. 11. Schematische Darstellung der Wirkungsweise der zweiten Rückführung.

Vollbelastung der Maschine 15 %, wenn nur die grosse Rückführung einwirken würde. Da nun aber die zweite Rückführung kombiniert mit der Feder und der Oelbremse den Hub allmählich wieder um 5 : 1 reduziert, so wird die korrigierte Endstellung nicht mehr 15 %, sondern nur noch 3 % betragen.

Dieser Vorgang lässt sich an den in Abbildung 11 gegebenen Diagrammen a, b, c, d erläutern. Einfachheitshalber sollen die Diagramme sich nur auf aperiodischen

Wie Abbildung 10 zeigt, treibt der vom Schaltbrett aus betätigte Elektromotor mittelst eines kleinen Schneckengetriebes ein vertikales Stirnräderpaar, dessen grössere Scheibe sich auf dem Oberteil des Vorsteuerventils drehen kann und dabei die relative Lage des Vorsteuerkölbchens verändert. Die Tatsache, dass, sobald der Fliehkraftregler ausser Betrieb ist, mittelst der Parallelschaltvorrichtung keine Veränderung der Lage der Regulierung mehr erreicht werden kann, indem die kleinste Entfernung des

Vorsteuerkölbchens aus seiner Mittellage einen totalen Hub des Regulators erzeugt, hat ihren Grund in der konstruktiven Durchbildung.

Die Handabstellung besteht aus einem doppelarmigen Hebel, dessen eines Ende mittelst einer Kulisse unterhalb des in die Rückführzahnstange eingreifenden Stirnkölbchens auf die Steuerspindel wirkt, während der andere Arm, eine Handhabe, vom Maschinisten hinauf- oder hinabgedrückt werden kann, wodurch der Regulator geschlossen oder ganz offen gehalten wird.

Die Rückführung hat keine Vorrichtung zur beliebigen Begrenzung der maximalen Leitradöffnung. Da nun der aktive Hub des Reglers wesentlich kleiner ist als der totale Muffenhub (die Differenz wird zum Verstellen der Umlaufzahl vom Schaltbrett aus verwendet), so würde bei einem Kurzschlusse und plötzlichen Zusammenfallen der Kugeln ein gänzliches Oeffnen der Turbine erfolgen. Dies könnte aber in dem bereits geschilderten Betriebe verhängnisvolle Folgen haben. Ist z. B. im Oberwassergraben nur eine Wassermenge für 2500 *kw* Leistung vorhanden und öffnet der Regulator auf volle 6875 *kw*, so würde eine bedenklich rasche teilweise Entleerung des Rohrstranges entstehen. Da der Regulator, als einfach ab Werk gekauftes Produkt, diesem besondern Erfordernis nicht entsprach, so wurde die Ergänzung an Ort und Stelle selbst vorgenommen. Auf die Rückführwelle wurde ein Hebelchen aufgekeilt, das eine in ihrer Länge von Hand einstellbare Stange führt. Diese betätigt einen Winkelhebel, dessen horizontale Pratze einfach auf die Kulisse der Handabstellung drückt und so den Fliehkraftregler gewaltsam in diejenige Lage drückt, welche die zur Zeit gewünschte Maximalbelastung nicht überschreiten lässt.

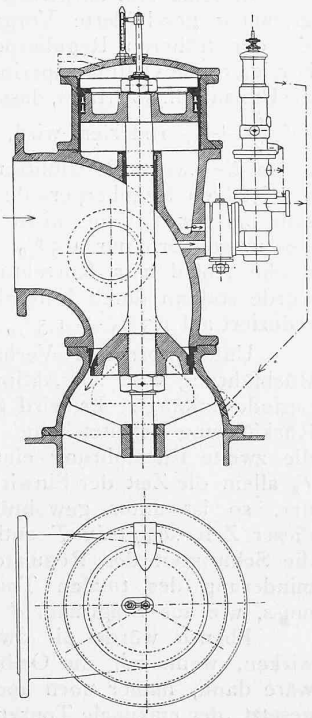

Abb. 12. Leerlaufventil mit Manometersteuerung. — 1 : 40.

Mit Bezug auf das über die Regulierung im allgemeinen Erwähnte dürfte der hier vorliegende Fall mit konkreten Daten beleuchtet werden. Der äusserst leicht gebaute Rotor hat nur ein sehr bescheidenes Schwungmoment. Die Verhältnisse sind derart, dass bei einem totalen Kurzschlusse (6875 *kw*) und einer Schlusszeit des Regulators von 3 Sekunden eine Tourenerhöhung von etwa 44 % entsteht. Da aber die Verhältnisse der Rohrleitung nur eine minimale Schlusszeit von 5 bis 6 Sekunden als zulässig erscheinen lassen, so geht deutlich hervor, dass die Ungleichförmigkeit des Reglers innerhalb seines aktiven Hubes ganz bedeutend grösser sein sollte, als die vorhandenen 15 %. Es hat sich denn auch bestätigt, dass der Regulator nach totalem Abschalten des Generators vom Netze nicht sich selbst überlassen werden kann, weil dann sehr gefährliche, rasch zunehmende Pendelungen entstehen. In einem solchen Falle muss der Maschinist rasch von Hand die maximale Hubbegrenzung herunterstellen und er kann auch nur von Hand langsam die Umlaufzahl wieder derjenigen des Netzes gleichbringen. Wie schon erwähnt, wird daher dieser Regulator nur als Sicherheitsvorrichtung gegen gänzliches Durchbrennen der Maschine verwendet. Die Zusatzfeder bleibt so gespannt, dass der Regulator die Turbine erst zu schliessen anfängt, wenn ihre Umlaufzahl bereits über 8 % gestiegen ist. So wird erreicht, dass der Regulator der auf das Netz geschalteten Gruppe die Turbine stets in derjenigen maximalen Leitradöffnung belässt, die vom Maschinisten, gemäss der Wasserverhältnisse, durch Einstellen der Zusatzvorrichtung zugelassen wird.

Endlich sei noch die *Druckregulierung* beschrieben (zum Patent angemeldet von „Allis Chalmers Co."). Dieselbe ist für ungefähr $^4/_5$ der totalen Durchflussmenge von 4,5 $m^3/Sek.$ durch die Turbine eingestellt. Diese nicht unbeträchtliche Wassermenge erfordert einen so grossen Durchflussquerschnitt, dass ein vertikaler Aufbau, nach Art der bis jetzt gebräuchlichen nicht mehr vorteilhaft erschien. Der Apparat wurde daher in zwei Hauptgruppen, den Leerlaufschieber und das Regulierorgan, getrennt. Während der erste für ein und dieselbe Grösse (auf Durchflussmenge und Gefällseinheit bezogen) unverändert bleibt, wird das letztere je nach den Verhältnissen und zwar in zwei prinzipiell verschiedenen Systemen ausgeführt, die beide hier erwähnt seien, weil sie bei der beschriebenen Anlage Verwendung fanden.

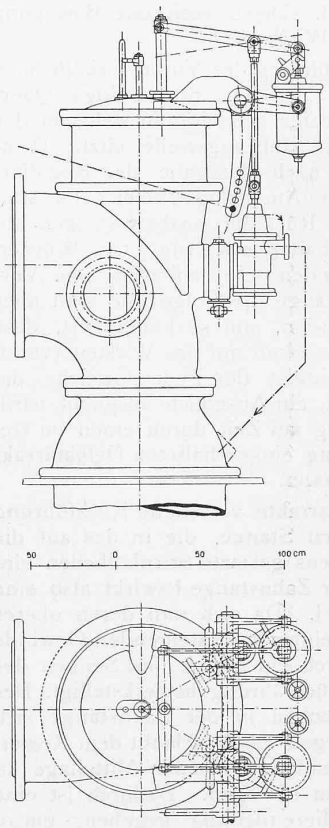

Abb. 13. Vom Regulator betätigte Druckregulierung. — 1 : 40.

Die eine Form der Druckregulierung arbeitet als *Manometersteuerung* vom Regulator unabhängig. Sie wird nur dort verwendet, wo es sich um absolut reines Quellwasser handelt, da das Prinzip derselben dies zur ersten Bedingung macht. Die vom *Regulator aus betätigte Druckregulierung* kann selbst für sehr schmutziges Wasser betriebssicher ausgeführt werden und hat zudem noch den Vorteil, dass sie jederzeit auch als Synchronablass verwendbar ist. Der Leerlaufschieber, der in Abb. 12 wiedergegeben ist, besteht aus einem, in der Vertikalebene nach abwärts gebogenen Krümmer, dessen eines Ende an den Stutzen des Spiralgehäuses anschliesst, während die horizontale Flansche die Verbindung mit dem halbkugelförmigen Ablaufteil herstellt. Zwischen diese zwei Flanschen ist der auswechselbare ringförmige Sitz des tellerförmigen Leerlaufschiebers, richtiger gesagt Leerlaufventils, eingeklemmt. Das auf kräftiger Stahlsäule gelagerte, glockenförmige Ventil lässt das Wasser fächerförmig austreten, wenn es sich nach abwärts vom Sitz entfernt. Der Ausflussquerschnitt ist so gestaltet, dass er mit einer Schar von dicht nebeneinander liegenden Leitradkanälen verglichen werden kann. Ein in die Halbkugel eingebautes Armkreuz gibt der Säule eine kräftige Führung. Das obere Ende derselben durchdringt den Krümmer in einer abgedichteten Führung und trägt einen mit Ledermanschetten versehenen Kolben, dessen Fläche so bemessen ist, dass sie, unter Druck gesetzt, den auf das Ventil wirkenden Wasserdruck sicher zu überwinden vermag, wodurch das Schliessen des Leerlaufes bewirkt wird. Der den Kolben umgebende Zylinder ist mit Bronze ausgebüchst. Ein gusseiserner Deckel ist auf den Zylinder aufgeschraubt und ergibt so die Basis für die Teile der Regulierorgane. An den Krümmer ist seitlich das Steuerventil angeschlossen. Zwischen beiden befindet sich noch ein Hahn, mittelst dessen das Steuerventil abgeschaltet wird und zugleich direkter Druck aus

dem Krümmer unter den Kolben gelangt, um das Leerlaufventil geschlossen zu halten.

Das in Abbildung 13 wiedergegebene Regulierorgan der Manometersteuerung wird stets in zwei voneinander unabhängigen Sätzen angebracht, deren Ein- und Umschaltung sich ohne Verminderung der Betriebszuverlässigkeit durchführen lässt. Das jeweils an den Krümmer angeschlossene Regulierventil besteht aus dem Gehäuse mit zwei Ventilsitzen, die in entgegengesetzter Richtung abdichten.

Das aus leicht auswechselbaren Teilen bestehende Doppelventil lässt nun beim Senken seiner Spindel Druckwasser aus der untersten Ventilkammer in die mittlere und durch den Hahn unter den grossen Kolben, bewirkt somit ein Schliessen des Leerlaufventils; durch Heben der Spindel wird der Druck unter dem Kolben über die mittlere und oberste Ventilkammer abgelassen, was den Schieber öffnet. Die Spindel selbst wird betätigt durch einen kleinen Servomotor, mit hydraulischer Vorsteuerung, altbewährter Konstruktion. Der Vorsteuerstift ist mit dem sogenannten Manometerapparat gekuppelt. Dieser ist direkt auf dem Servomotor aufgesetzt und besteht im wesentlichen aus folgenden Elementen: In einem mit Bronze ausgebüchsten Zylinderchen steht ein Kölbchen unter dem Wasserdruck der Rohrleitung und drückt gegen eine Feder, die das ganze System im Gleichgewicht hält. Die Feder erfährt bei geringer Aenderung der Belastung eine ziemlich ansehnliche Längenänderung und erlaubt daher dem Manometerkölbchen den Steuerstift bei einer Druckerhöhung zu heben, wodurch der Leerlauf geöffnet wird. Sobald der Druck nachlässt, bewirkt die sich wieder ausdehnende Feder ein Schliessen des Leerlaufs. Wenn sich nun diese Feder genau so zusammenpressen liesse, dass das Leerlaufventil wirklich stets diejenigen Wassermengen durchliesse, die eine Druckschwankung in der Rohrleitung innerhalb gewisser Grenzen verhindern, so würde der Apparat zweifelsohne korrekt arbeiten, da dann eine absolut synchrone Bewegung und gleichsam ein aperiodischer Druckausgleich stattfinden würde. Dem ist nun aber grundsätzlich nicht so. Oeffnet nämlich das Leerlaufventil zu viel, so entsteht

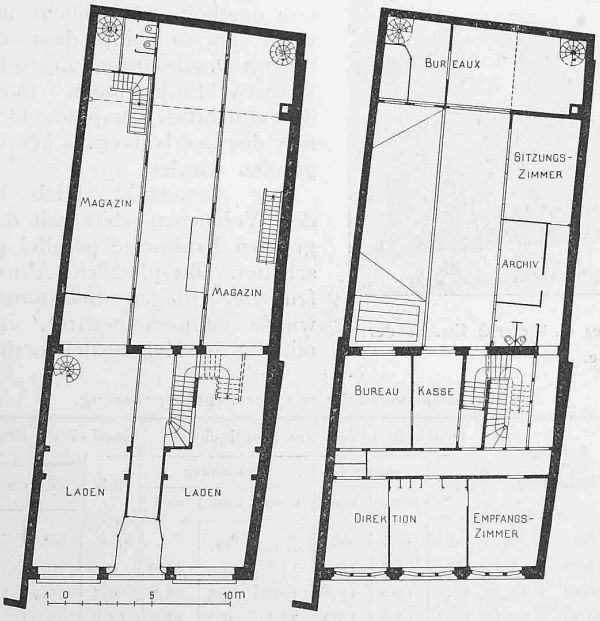

Abb. 2 und 3. Grundrisse vom Erdgeschoss und ersten Obergeschoss des Geschäftshauses G. u. W. Baader an der Aeschenvorstadt. Masstab 1 : 400.

ein Druckabfall, der den sehr empfindlichen Apparat sofort wieder schliessen lässt und zwar so rasch, dass unmittelbar wieder eine Druckerhöhung erfolgt, usw., sodass die Schwingungen in gefahrvoller Weise zunehmen würden. Dass dies tatsächlich auch der Fall war, ist durch einen

Zwei Geschäftshäuser in Basel.

Erbaut von den Architekten *Suter & Burckhardt* in Basel.

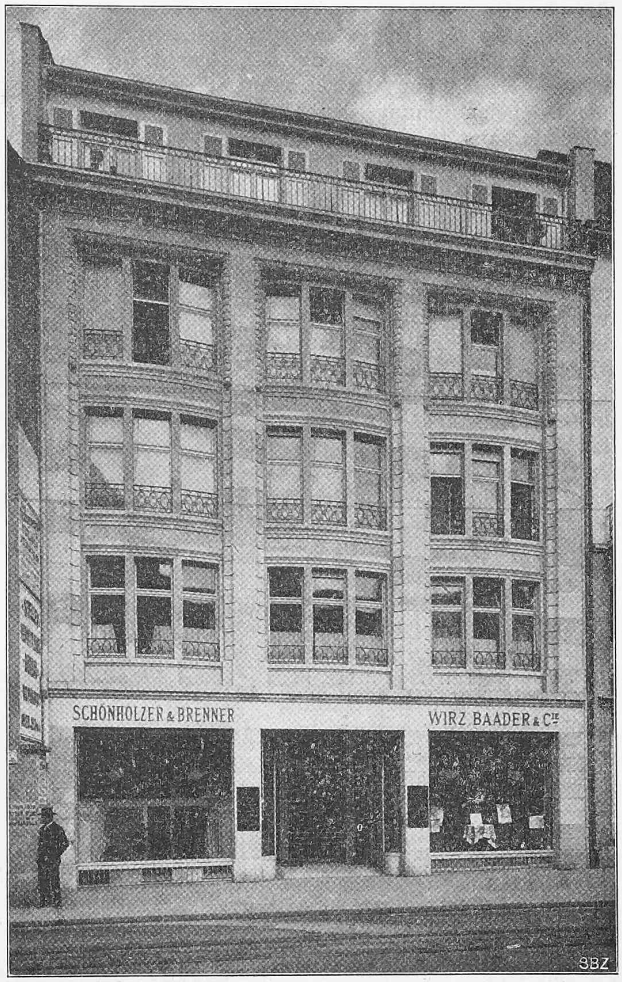

Abb. 1. Fassade des Geschäftshauses G. u. W. Baader an der Aeschenvorstadt.

Versuch bestätigt worden. Nach kurzer Zeit hatten die Schwingungen dermassen zugenommen, dass der 16,5 *at* betragende Normaldruck in den Grenzen zwischen 26 *at* beim Schliessen und 7 *at* beim Oeffnen schwankte. Diese Schwingungen wurden ohne weiteres auf das praktisch zulässige Mass herabgemindert, durch eine auf das Manometerkölbchen gesetzte Oelbremse. Diese ist so durchgeführt, dass sie dem nach oben strebenden Kölbchen, d. h. dem empfindlichen Oeffnen des Leerlaufventils keinen Widerstand entgegensetzt, während durch zweckmässige Wahl der Grösse der Umleitung der Bremse sie diejenige Schlusszeit des Schiebers zulässt, die eine annähernd aperiodische Schlusszeit bedingt. Damit das Ventil nicht bei jeder geringsten Druckerhöhung schon zu öffnen anfängt, wurde die Feder so gespannt, dass erst bei einem gewissen, zulässigen Ueberdrucke ein Oeffnen stattfinden konnte. Der so ausgerüstete Apparat arbeitete absolut korrekt und entsprach vollauf den an ihn gestellten Anforderungen. Da aber das Wasser nicht, wie vorher angenommen, absolut rein war, sondern besonders in der Regenzeit bedenkliche Mengen von Laub und Schlamm mit sich führt, war ein häufiges Spühlen der Druckwasserfilter nötig. Man entschloss sich angesichts dieser Tatsache zur Bestellung einer vom Regulator aus betätigten Druckregulierung, die sofort an Ort und Stelle ausgeführt wurde.

Das schwerste Organ, das Leerlaufventil, konnte dabei absolut ungeändert bleiben, was gewiss ein Vorteil dieser Konstruktion genannt werden darf. Gewöhnlich wird bei der vom Regulator betätigten Druckregulierung

nur ein Ventil angewandt. Hier musste jedoch den bereits vorhandenen Verhältnissen Rechnung getragen werden, und wurde daher ebenfalls eine doppelte Anordnung der Organe durchgeführt. Während die Manometersteuerung gleichsam in sich selbst zurückgeführt ist, muss bei jener eine besondere Rückführung mit Hebeln in Anwendung kommen. Abbildung 13 zeigt auch diese Druckregulierung mit Doppelanordnung der Ventile. Die Bewegung vom Regulator aus geschieht durch Anschluss des Gestänges an den auf Abbildung 6 (S. 117) ersichtlichen rechtsseitigen Winkelhebel der zum Gleitring führenden Strebe. Auf den Deckel des Leerlaufventils wurde ein Lagersupport aufgeschraubt, der in zwei kräftigen Lagern die Zwischenwelle aufnimmt. Diese Welle erhält ihre Drehbewegung von einem an ihrem einen Ende aufgekeilten Hebel, der nach einem Kreise gebogen ist, dessen Mittelpunkt mit dem Zapfenmittel des Winkelhebelarms in seiner Mittellage zusammenfällt. Einige Löcher im Hebel lassen eine beliebige Einstellung des Hubes der Regulierung zu. Von der Zwischenwelle führen je zwei gusseiserne Hebel zu beiden Seiten zweier Oelkatarakte und heben diese in die Höhe, wenn der Gleitring eine schliessende Bewegung macht. In den Oeltöpfen gleitet je ein sorgfältig eingeschliffener Kolben, dessen Stange den Oeltopfdeckel lose durchdringt und am obern Ende mit dem Regulierhebel gekuppelt ist. Diese erhalten ihre Unterstützungen in einem Querhaupte, das auf einer, den Schieberdeckel durchdringenden Säule gelagert ist, die, in den Treibkolben eingeschraubt, die rückführende Bewegung einleitet. An derjenigen Stelle der Hebel, die über den Steuerventilmitteln liegt, führt nun eine Gelenkstange direkt zum Doppelsteuerkolben hinab. Die Kolben der Oelbremse sind mit Löchern versehen, deren zweckmässige Grösse durch Regulierversuche bestimmt wurde. Schliesst der Regulator die Turbine langsam, so kann zufolge des nur langsamen Hebens des Topfes das unter dem Kolben befindliche Oel über denselben gelangen, ohne ihn zu heben, d. h. ohne das Leerlaufventil zu öffnen. Bei raschem Schlusse der Turbine jedoch hebt der Drosselöldruck den Kolben und öffnet den Schieber. Die abwärtsgehende Bewegung desselben wird dann auf den Hebel übertragen und das Steuerventil in die Mittellage zurückversetzt, sodass das Leerlaufventil in entsprechend geöffneter Lage verharrt. Nun sinkt aber der Kolben zufolge der Umleitung langsam nach abwärts, was ein allmähliches Schliessen der Druckregulierung zur Folge hat. Ein plötzliches Wiederöffnen der Turbine unmittelbar nach erfolgtem Schliessen derselben (partieller Kurzschluss) und Oeffnen des Leerlaufventils bewirkt ein sofortiges Hinabziehen des Oeltopfes, dem auch der Kolben sofort nachfolgt und so ein rasches Schliessen des Leerlaufs bewirkt. Dieser wassersparende Druckregulierapparat kann ohne weiteres auch bequem als Synchronablass gebraucht werden, indem man mittelst der vorhandenen Einhängelasche den Kolben mit dem Oeltopfe starr kuppelt. Das langsame Sinken des Topfes ist dann gänzlich verhindert und der Leerlaufschieber muss so in einer dem Gleitringe reziproken Oeffnung verbleiben.

Da Druckschwankungen in einer Rohrleitung innerhalb gewisser Grenzen zulässig sind, so wurde mit Rücksicht darauf, dass die Abnützung der dichtenden Stellen gering bleiben soll, die Druckregulierung so eingestellt, dass sie erst zu öffnen anfängt, wenn die plötzliche Entlastung 500 *kw* überschreitet.

Die mit dieser Druckregulierung gemachten Uebernahmsversuche sind in untenstehender Tabelle wiedergegeben.

Es sei dabei auf die Tatsache aufmerksam gemacht, dass selbst die grosse Entlastung von 6000 *kw* keine empfindliche Störung in der Frequenz des Kraftnetzes hervorrief, indem diese im Maximum nur um 3,3% abfiel. Die Resultate zeigen deutlich, dass die prozentualen Druckschwankungen mit zunehmender Entlastung immer kleiner werden. Dass dieselben gegen das Ende wieder ein unbedeutendes Zunehmen aufweisen, hat wohl seinen Grund darin, dass der Betriebsdruck vor der Entlastung hier nicht mehr so ruhig gehalten werden konnte, indem durch die starke Wasserentnahme aus dem Gerinne ziemlich beträchtliche Niveaudifferenzen im Oberwasserspiegel entstanden. Immerhin lässt sich die Gesetzmässigkeit der übrigen Resultate deutlich wahrnehmen und weist darauf hin, dass die höhern Druckschwankungen bei kleinern Entlastungen durch das absichtlich verspätete Oeffnen des Leerlaufventils hervorgerufen wurden.

Der Generator blieb bei den Versuchen stets mit dem grossen Kraftnetze parallel geschaltet. Das plötzliche Abwerfen der obigen Belastungen wurde dadurch bewirkt, dass mittelst der Handabstellvorrich-

Zwei Geschäftshäuser in Basel.

Erbaut von den Architekten *Suter & Burckhardt* in Basel.

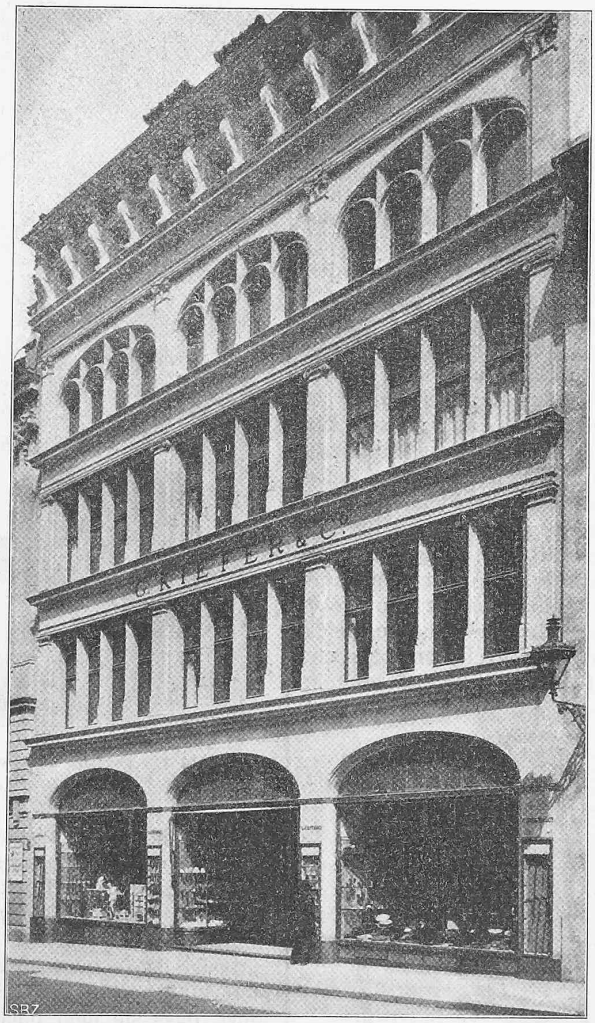

Abb. 4. Fassade des Geschäftshauses G. Kiefer & Cie. an der Freienstrasse.

Uebernahmsversuche mit der Druckregulierung.

Anfangs-Belastung		Druck zu oberst am Spiralgehäuse						Leerl.-Vent.	Regul.
		norm.	entlastet		Schwankung			Hub	Schlusszeit
			max.	min.	max.	min.	total		
kw	%	*at.*	*at.*	*at.*	%	%	%	*mm*	*Sek.*	*Sek.*
500	7,2	16,4	18,5	14,9	12,8	9,9	22,0	0	0	1,0
1000	14,5	16,3	19,0	14,8	16,2	9,5	25,7	9,5	5,0	1,5
1500	21,7	16,3	18,7	15,2	14,7	6,7	21,4	11,5	8,0	2,0
2000	29,0	16,3	18,5	15,3	13,5	6,1	19,6	19,1	12,5	2,75
2500	36,2	16,3	18,4	16,0	12,9	1,8	14,7	22,2	14,0	3,0
3000	43,5	16,2	18,2	16,2	12,2	0,4	12,5	27,0	16,0	3,75
3500	51,0	16,1	18,1	16,5	12,1	—2,2	10,9	33,4	20,0	4,25
4000	58,0	16,0	18,0	16,5	12,1	—2,8	9,3	39,7	22,0	4,5
4500	65,5	15,9	17,5	16,7	10,0	—5,0	5,0	44,5	24,0	5,0
5000	72,5	15,8	17,6	16,7	11,4	—5,7	5,7	52,5	28,0	5,5
5500	80,0	15,6	17,5	16,3	11,8	—4,2	7,6	54,0	30,0	5,75
6000	87,0	15,4	17,4	16,4	12,9	—6,2	6,7	57,2	35,0	6,0

tung der Lombard-Regulator zu plötzlichem Schliessen veranlasst wurde. Die angegebene Schlusszeit des Regulators unterliegt also mehr oder weniger der Willkür der den Hebel hinaufdrückenden Person. Die Versuche wurden vorgenommen, nachdem die Turbine ununterbrochen im Betriebe mit äusserst schutthaltigem Wasser gelaufen war, ohne vorgehende Reinigung der Revolver-Filter und Steuerventile. Das Maximum der zulässigen Ueberlastung des Generators: 5500 *kw* + 25 % = 6875 *kw* konnte infolge Mangel an Betriebswasser nicht erreicht werden.

Die Tabelle über die aufs sorgfältigste durchgeführten Nutzeffektsproben ist dem Verfasser noch nicht zugegangen, deren Veröffentlichung muss daher auf später verschoben werden. Soviel steht jedoch fest, dass der bei rund 5500 *kw* liegende, beste Nutzeffekt über 86,5 % beträgt und gegen die Belastung von 6250 *kw* nur um Bruchteile von 1 % abfällt. Die Turbine könnte bis auf 13 500 *PS* geöffnet werden, wenn dies mit Rücksicht auf die elektrischen Einrichtungen zulässig wäre.

Zwei Geschäftshäuser in Basel.

Erbaut von den Architekten *Suter & Burckhardt* in Basel.

Das Geschäftshaus G. Kiefer & Co. an der Freienstrasse.

An Stelle des Hauses Nr. 21 an der Freienstrasse, in welchem die Firma ihre Gründung und ihr Aufblühen erlebt hatte, ist in den Jahren 1906 und 1907 unter Zuziehung einer Nachbarliegenschaft ein neues, modernen Ansprüchen gerecht werdendes Geschäftshaus errichtet worden.

Das Bauprogramm, das die Chefs der Firma aufgestellt hatten, war: Verkaufssäle im Erdgeschoss und im ersten und zweiten Stock, die alle möglichst zusammengehörend zu behandeln sind, Packraum und Lagerraum im dritten Obergeschoss, weitere Lagerräume im vierten Stock und in dem Dachboden. Der Keller soll neben den nötigen Räumen für Zentralheizung, Kohlen usw. möglichst helle und eventuell dem Publikum auch noch leicht zugängliche Lagerräume enthalten.

Dieses Programm ergab, unter Berücksichtigung des grossen Niveauunterschieds zwischen der Freienstrasse und der Martinsgasse sowie der sehr wichtigen Lichtfrage von selbst die Anlage eines innern möglichst grossen Lichthofes, der das Gebäude in ein Hinter- und Vorderhaus teilt, beide bis über den zweiten Stock durch den überdeckten Lichthof verbunden.

Wie das Programm verlangte, enthalten das Erdgeschoss, sowie das erste und zweite Obergeschoss in ihrer

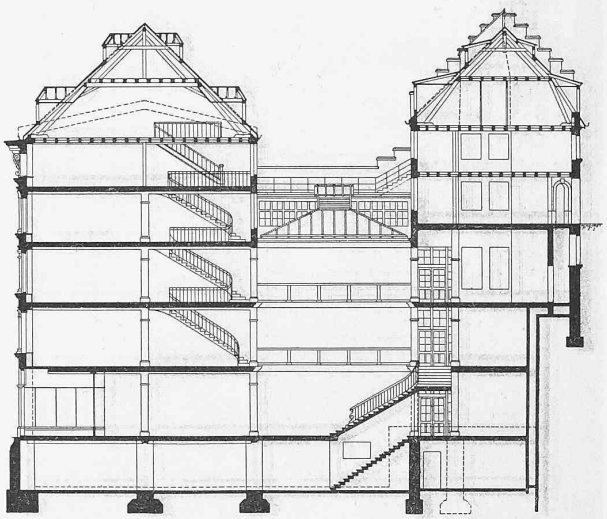

Abb. 8. Längsschnitt durch das Geschäftsshaus G. Kiefer & Cie. Masstab 1 : 400.

ganzen Ausdehnung Verkaufslokale, soweit nicht die Nebentreppe, welche vom Keller bis zum fünften Stock emporführt, das Bureau des Chefs und ein Lichthof den Raum im Hinterhaus beanspruchen. Eine breite Treppe im Hintergrund des Lichthofes verbindet das Erdgeschoss mit dem ersten Geschoss (Abb. 10, S. 128); die Verbindung mit dem zweiten Stock für das Publikum ist durch eine Treppe im Vorderhaus hergestellt. Im dritten Stock ist im Hinterhaus auf Höhe der Martinsgasse das Packhaus angeordnet, im Vorderhaus das Lager und der Arbeitsraum. Im vierten Stock des Vorderhauses und den zwei darüberliegenden Dachgeschossen, sowie im vierten Obergeschoss des Hinterhauses sind ebenfalls Lagerräume untergebracht. Im Dachstock des Hinterhauses schliesslich ist eine Wohnung für den Abwart eingerichtet.

Die Keller enthalten grosse Lagerräume neben dem Heiz- und Kohlenraum; letzterer ist zur Einbringung der Kohlen mit dem Packraum durch einen gemauerten Schacht in Verbindung gebracht.

Um in der kurzen zur Verfügung stehenden Bauzeit von Ende Oktober 1906 bis 30. September 1907 einschliesslich der Abbrucharbeiten mit dem Neubau fertig zu werden und namentlich weil der eigentliche Rohbau gerade in die Wintermonate Dezember und Januar fiel, wurde das ganze Haus als ein Gerüst aus Eisen ohne irgend welche Einmauerung erstellt, das Dach auf diesem Gerüst aufgeschlagen und erst im Frühjahr die Fassaden und Hofmauern aufgeführt, sowie die Decken, Ständerverkleidungen usw. betoniert.

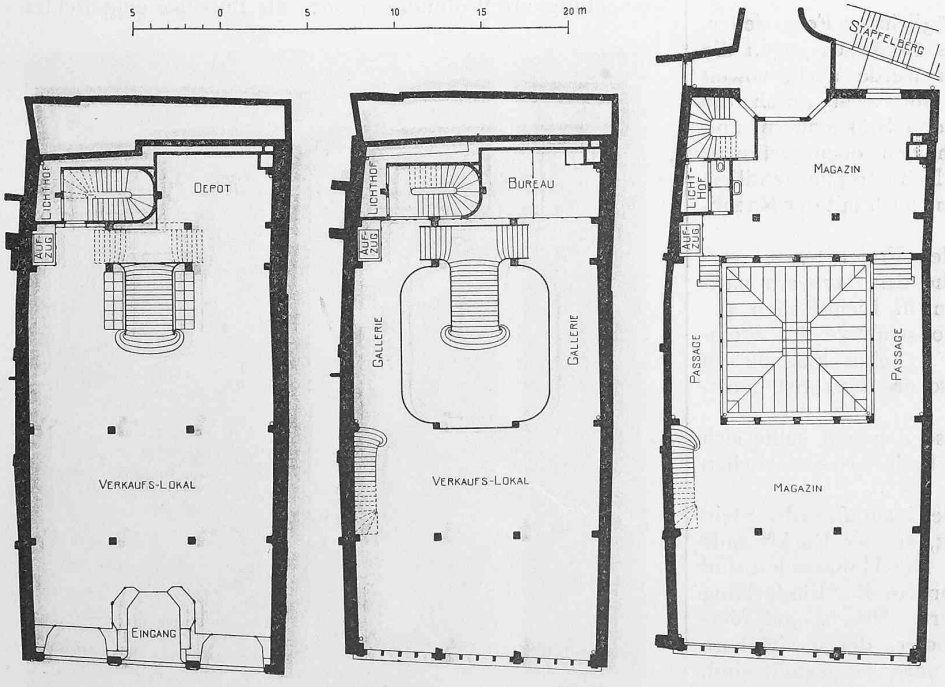

Abb. 5, 6, 7. Grundrisse vom Erdgeschoss, ersten und dritten Obergeschoss des Geschäftshauses G. Kiefer & Cie. — Masstab 1 : 400.