

Die Dampfturbinen und die Turbogebläse an der Schweiz. Landesausstellung Bern 1914

Autor(en): **Stodola, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **65/66 (1915)**

Heft 1

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-32166>

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.

INHALT: Die Dampfturbinen und die Turbogebälse an der Schweizerischen Landesausstellung in Bern 1914. — Die neue Aarebrücke in Olten. — Palace-Hotel Bellevue in Bern. — Die Büste Prof. Dr. H. F. Webers. — Miscellanea: Die Gleichstrom-Lokomotiven der Butte, Anaconda and Pacific Railway. Eisenbahnbrücke über den Ohio bei Metropolis. Der Gesamt-Kohlenvorrat der Welt. Eidgen. Technische Hochschule. Das Kraftwerk Eglisau. Verwaltungsgebäude der Stadt Luzern. Inter-

nationaler Ingenieur-Kongress in San Francisco 1915. — Konkurrenzen: Ortsgestaltungsplan Samaden. — Nekrologie: O. Geiger. — Literatur: Aide-Mémoire de l'Ingénieur-Constructeur du Béton armé. Graphische Darstellung in Wissenschaft und Technik. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes Stellenvermittlung. Tafeln 1 und 2: Palace-Hotel Bellevue in Bern.

Band 65.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 1.

Die Dampfturbinen und die Turbogebälse an der Schweiz. Landesausstellung Bern 1914.

Von Prof. Dr. A. Stodola, Zürich.

I. Dampfturbinen.

Die Dampfturbinen der Landesausstellung boten das glänzende Bild einer durch zielbewusste Arbeit, finanziellen Wagemut und Opfermut und tadellose Werkstattausführung zum Weltruf gelangten Industrie, deren Ausdehnung und weitausgreifende Tätigkeit in einem seltsamen, aber hocherfreulichen Gegensatz zur Grösse des Landes stehen. Welche Rolle die Schweiz in der Entwicklung des Dampfturbinenbaues gespielt hat, ist bekannt. Die fremden Vorbilder, an die sich ein Teil der führenden Firmen anfänglich angelehnt hat, sind heute auf Grund eigener Initiative und eigener Erfahrung derartig ausgebaut und umgemodelt, dass allen Objekten der Ausstellung in den wesentlichen Konstruktionsteilen das Merkmal der Ursprünglichkeit zugesprochen werden darf.

Wohlthuend berührt eine gewisse Stabilisierung der Verhältnisse, wie sie auf Seite der Gleichdruckturbine wahrnehmbar ist und gewissermassen die Ruhe eines gesicherten Besitzes widerspiegelt. Dies schliesst natürlich nicht aus, dass im Einzelnen unausgesetzt Verbesserungen angestrebt und die Turbine sowohl in wärmetheoretischer wie in betriebstechnischer Hinsicht aufs Feinste weiter ausgefeilt wird; denn im Dampfturbinenbau hat von Anfang an der schärfste Wettbewerb, den die Geschichte des Maschi-

benützen erlaubt hat. Die interessante konstruktive Form, welche die Lösung dieser Aufgabe bei der erwähnten Turbinenart gefunden hat, werden wir weiter unten besprechen.

Die Gliederung dieses Berichtes darf im übrigen sehr einfach sein. Seit dem zu bedauernden Ausscheiden des grossen Winterthurer Hauses aus der Reihe der Turbinenbauern, bleiben nur noch drei Hauptvertreter dieses Gebietes übrig, nämlich *Brown, Boveri & Co.*, *Escher Wyss & Co.*, und die *Maschinenfabrik Oerlikon*, deren Leistungsfähigkeit treffend durch die Grösse der ausgestellten Motoren, die auch einer Weltausstellung zur Zierde gereicht haben würden, bekundet wurde.

Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Co., Baden.

Die Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Co., Baden stellte als Hauptobjekt die in Abbildung 1 dargestellte kombinierte Ueberdruck-Turbine von 9000 PS Leistung bei 3000 Uml/min aus, deren Hauptmerkmal eine wesentliche Steigerung der Rad-Umfangsgeschwindigkeit der letzten Stufen ist. In der Tat ist bekanntlich die Leistungsfähigkeit einer Turbine durch den Durchmesser und die Schaufellänge des letzten Laufrades begrenzt. Wollte man bei 3000 Uml/min die gleichen Umfangsgeschwindigkeiten beibehalten wie bei 1500 Uml/min, so würden der Durchmesser und damit die an ein gewisses Verhältnis zum Durchmesser gebundene Schaufellänge auf die Hälfte herabgesetzt werden müssen, wodurch der Durchgangsquerschnitt auf $\frac{1}{4}$ verkleinert würde. Soll also die Leistung nicht abnehmen, so bleibt entweder die Teilung der Niederdruck-

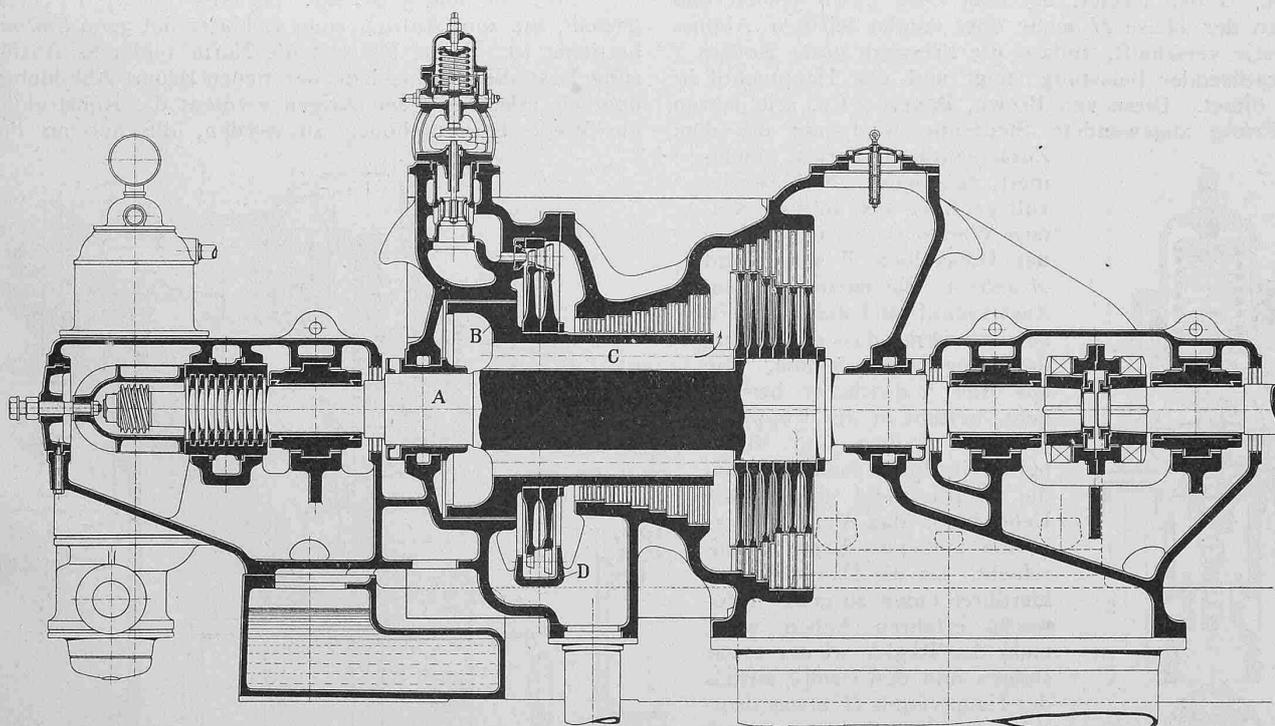


Abb. 1. Kombinierte Ueberdruck-Dampfturbine für 9000 PS bei 3000 Uml/min. — Brown, Boveri & Cie., Baden, Schweiz.

nenbaues kennt, eingesetzt, und dauernder Stillstand nach irgend einer Richtung ist vollkommen ausgeschlossen. So sind auf dem Gebiete der Ueberdruckturbine grössere Wandlungen durch die Fortschritte des Dynamobaues veranlasst worden, der neuerdings auch bei sehr grossen Leistungen die hohe Umlaufzahl von 3000 i. d. Min. zu

partie übrig, was aber nur einer Verdoppelung der Leistung gleichkommt, oder dann eine Erhöhung der Umfangsgeschwindigkeit, durch die jeder praktisch in Betracht fallenden Leistungsgrösse genügt werden kann. Die ausführende Firma hat den letztern Weg gewählt, der die wichtige Konsequenz nach sich zieht, dass auch die Ström-

mungsgeschwindigkeit des Dampfes zunehmen, und dass die gewohnte „Trommel“-Bauart der Ueberdruckturbine verlassen werden muss. Wie hoch die Dampfgeschwindigkeit ist, wird nicht angegeben; der Schätzung nach dürfte kaum anzunehmen sein, dass sie gemäss den Patenten von Josse und Christlein bereits die Schallgeschwindigkeit überträte, hingegen ist aus der Abbildung die elegante konstruktive Lösung der neuen Aufgabe klar ersichtlich.

Die sechs letzten Stufen sind als Einzellaufäder mit eingesetzten Schaufeln ausgebildet und, wie hervorgehoben wird, auf die Welle *aufgeschraubt*, die Schaufeln selbst mit den Beilagen in einem Stück gefräst, und zwar um die Gestalt gleicher Festigkeit anzunähern, in drei Absätzen mit nach innen zunehmender Wandstärke. Die Räder sind selbstverständlich dem Ueberdrucke ihres jeweiligen Gefälles ausgesetzt, der mitsamt dem Ueberdrucke des normal geschaukelten Mitteldruckteiles durch den Ausgleichkolben *B*, der mit der massiven Welle *A* aus einem Stück gedreht ist, ausgeglichen wird. Einen Teil des Axialdruckes nimmt indessen, im Gegensatz zu früheren Ausführungen, das hierfür geeignet konstruierte Kammlager auf. Um die im Mittelstück sehr kräftige Welle zu entlasten, wird sie mit gleichverteilten Bohrungen *C* versehen, die zugleich die Ableitung des Undichtigkeitsdampfes vom Labyrinth zum Niederdruckteil besorgen. Im übrigen besitzt die Turbine normale Bauart, d. h. der Dampf expandiert in Düsen auf Ueberschallgeschwindigkeit und trifft zwei „Geschwindigkeitsstufen“ mit Zwischenleitrad, die mit Rücksicht auf die hohe Umfangsgeschwindigkeit durch zwei unabhängige Laufräder gebildet werden. Bei *D* bemerkt man den mit dem Unterteil des Gehäuses in einem Stück gegossenen Schutzkranz gegen Ventilation.

Besondere Beachtung verdient die schematisch in Abbildung 2 dargestellte neueste Ausgestaltung der Steuerung. Die gestängelte Betätigung des Einlassorganes mittels Drucköl wird hier in sinnreicher Weise auch auf die Zusatz- bzw. Gruppenventile übertragen. *K* ist die Ölpumpe, *G* der Regler, der dem Öle durch Heben und Senken der Hülse *H* mehr oder minder leichten Abfluss ins Freie verschafft, sodass die Pressung unter Kolben *Y* mit wachsender Belastung steigt und das Hauptventil *W* mehr öffnet. Diese von Brown, Boveri & Co. seit Jahren mit Erfolg angewendete Steuerung wird nun mit dem

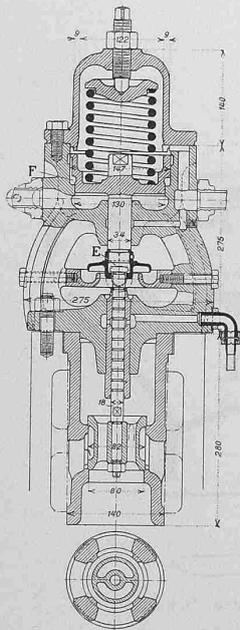


Abb. 3. Zusatzventil.

Zusatzventil *A* derart kombiniert, dass nachdem *W* bereits voll geöffnet hat, infolge weiteren Wachsens des Oeldruckes der Hilfskolben *Z* steigt und *A* anhebt. Bei mehr als einem Zusatzventil sind deren Federn so abgestimmt, dass die Ventile der Reihe nach aufgehen. Wie aus Abb. 3 deutlicher hervorgeht, besteht in der Kupplung zwischen Kolben und Ventil bei *E* ein Spiel, sodass der auf die Ventilspindel einwirkende Ueberdruck das Ventil sofort in die äusserste Lage hinauf schiebt. Da die Dampfleistung hierdurch einen zu grossen Zuwachs erfahren haben wird, muss der Regler wieder etwas steigen und den Dampf mittels des Hauptventils *W* etwas drosseln. Das Ventil *A* ist demnach kein eigentliches Regulierventil; es verharrt vielmehr in der höchsten Stellung, bis der Dampfdruck auf einen tiefern Betrag gesunken ist als bei seinem Anheben. Dies wird durch die Abstufung seines Kraftkolbens erreicht, der in der gezeichneten Lage als Druckfläche den untern Kolbenquerschnitt und die Ringfläche *F* darbietet, während in

der tiefsten, d. h. der Anhubstellung nur die untere Kolbenfläche wirksam ist. Ist der Oeldruck soweit gesunken, dass die Feder ihn überwindet, so wird während des Sinkens durch die links von *F* sichtbaren Schlitze dem durch ein Spiel des untern Kolbenteiles eintretenden Drucköl freier Abfluss nach oben gewährt, der auf die Ring-

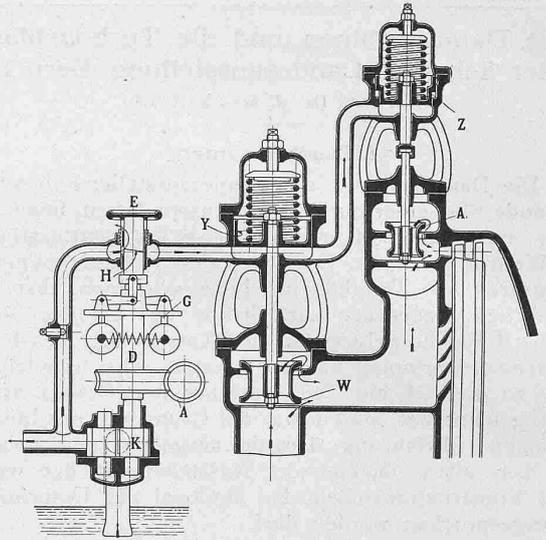


Abb. 2. Steuerungsschema. — Brown, Boveri & Cie.

fläche *F* wirkende Druck aufgehoben und das Ventil rasch geschlossen. Abbildung 4 stellt die erwähnte Reglerhülse dar, die, um eine periodische Druckpulsation zu erzeugen, etwas schief (1 mm auf 55 mm) abgeschnitten ist. *C* ist ein magnetischer Fernverstellapparat, der durch Heben und Senken der Futterhülse *D* die Umlaufzahl zu beeinflussen gestattet.

In Abbildung 5 ist eine Turbine von 2750 PS dargestellt, die zum Antrieb eines Gebläses mit 3200 Uml/min bestimmt ist. Diese bis jetzt die Norm bildende Ausführung lässt die Unterschiede der neuen Bauart Abbildung 1 deutlich erkennen. Im übrigen verdient die Konstruktion der Welle hervorgehoben zu werden, die nur an dem

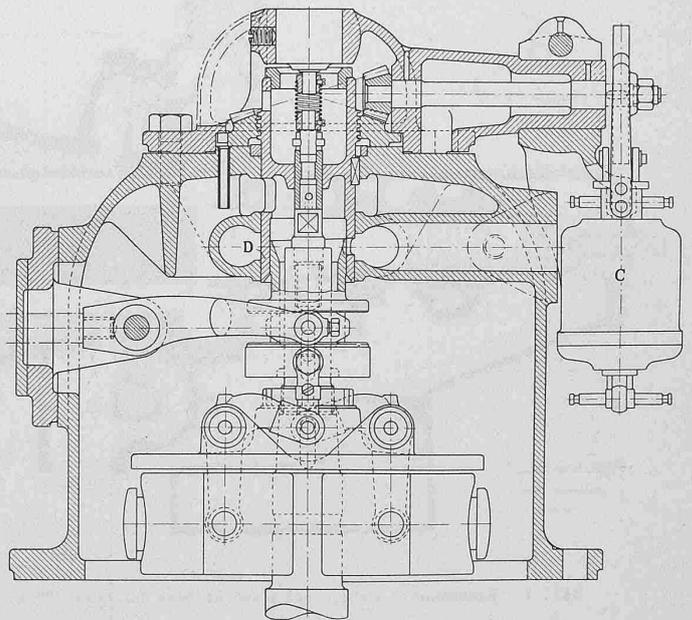


Abb. 4. Zentrifugal-Pendel mit Reglerhülse. — Brown, Boveri & Cie.

betriebs-technisch harmlosen Niederdruckende einen eingesetzten Zapfen aufweist; die empfindlichere Schrumpfung am Hochdruckende ist gänzlich beseitigt, indem man die Welle aus einem Stück schmiedet.

Der ausgestellte Oberflächenkondensator mit einer Teilung in zwei von einander unabhängig zu reinigende Hälften, wie auch die Kondensationspumpengruppe sind in der Schweiz. Bauzeitung (Bd. LIX, S. 58) anlässlich der Turiner Ausstellung so eingehend dargestellt und anhand von Abbildungen erläutert worden, dass von ihrer Besprechung abgesehen werden kann.

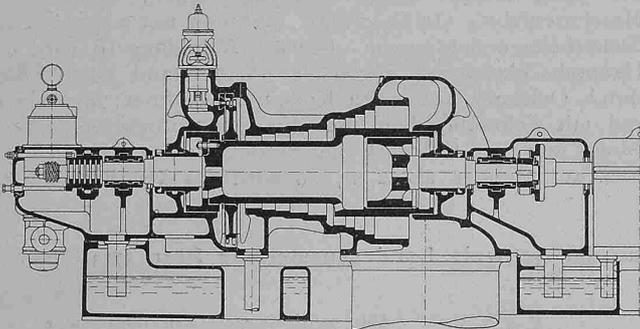


Abb. 5. Dampfturbine von Brown, Boveri & Cie., Baden, Schweiz.

**Aktiengesellschaft der Maschinenfabriken von
Escher Wyss & Co., Zürich.**

Von der A.-G. der Maschinenfabriken Escher Wyss & Co., Zürich, war eine 7500 PS_e Zoelly-Turbine mit 3000 Uml/min ausgestellt, die für Betrieb mit überhitztem Dampf von 15 at Ueberdruck, 350° C Temperatur und 95% Vakuum entworfen ist, und mittels starrer Kupplung einen Drehstrom-Generator antreibt. Die Abbildung 6 stellt den Längenschnitt dieser Turbine dar. Das bedeutende Wärmegefälle, das den angegebenen Spannungsgrenzen entspricht, wird wie ersichtlich durch bloß acht einfache Druckstufen aufgearbeitet. Dies dürfte eine Umfangsgeschwindigkeit in der Gegend von 200 m oder darüber erforderlich machen, mit einer entsprechend hohen, also sicher den doppelten Betrag nicht unerheblich übertreffenden Dampfgeschwindigkeit. Die Tendenz einer Steigerung der Strömungsgeschwindigkeit wird nach Mitteilung der Firma schon seit Jahren verfolgt, bis zu der durch die Wirtschaftlichkeit

der Anlage bedingten Grenze. Durch Anwendung von Düsen liesse sich beispielsweise die Stufenzahl leicht auf die Hälfte herabsetzen; die dadurch bedingte Vergrößerung des Raddurchmessers und die im quadratischen Verhältnis steigende Scheibenstärke sind indessen mit einer erheblichen Vergrößerung der Herstellungskosten verbunden, deren Effekt durch den Gewinn an Wirkungsgrad, der nach neuesten Forschungen zu gewärtigen wäre, nicht wett gemacht würde. So stellt die gewählte Ausführungsform das nach den Erfahrungen der Firma günstigste wirtschaftliche Mittel zwischen den Extremen zu grosser und zu kleiner Stufenzahl dar.

Im übrigen zeigt die Abbildung, dass die Zoelly-Turbine in einem bemerkenswerten Masse sich selbst treu bleiben konnte, da die wesentlichen Merkmale der Bauart seit dem Beginn nicht geändert wurden, und nur im Einzelnen konstruktive und betriebstechnische Verbesserungen erfahren haben. Der durchgehende Rahmen mit aufgesetztem, nahe der Mitte gestütztem Gehäuse und besondere Lagerständer sind beibehalten. Das Gehäuse ist einerseits mit dem Rahmen fest verschraubt, andererseits achsial gleitbar geführt. Um das Kammlager vorn zugänglich anordnen zu können, sind seine Schalen bei feststehendem Lagerständer ebenfalls achsial verschiebbar, und durch zwei wagerechte Stehbolzen mit dem Gehäuse verbunden, so dass das Kammlager der Wärmeausdehnung des letzteren folgt und den Abstand zwischen Leit- und Laufrädern unveränderlich festhält. An den Hauptlagern ist die Wasserkühlung der Schalen weggefallen, und dank den stark ausgeführten Wellen von Kugellagerung abgesehen worden. Bei den Kohlenstopfbüchsen wird die Verschiedenheit der Wellenausdehnung durch die Wärme am Hoch- und am Niederdruckende berücksichtigt. Die Laufräder ruhen auf einzelnen Ringen auf, wodurch ein jederzeit leichtes Abstreifen gewährleistet wird. Die Regelung erfolgt grundsätzlich durch einfache Drosselung; es wird aber durch geeignete Einteilung des Wärmegefälles der einzelnen Stufen dafür gesorgt, dass bei Teilbelastungen der Dampfverbrauch nicht ungünstig steigt. Für Ueberlastung habe sich in der überwiegenden Mehrzahl der Betriebe ein von Hand zu betätigendes Ventil als hinreichend erwiesen.

Die Dampfturbinen an der Schweiz. Landesausstellung Bern 1914.

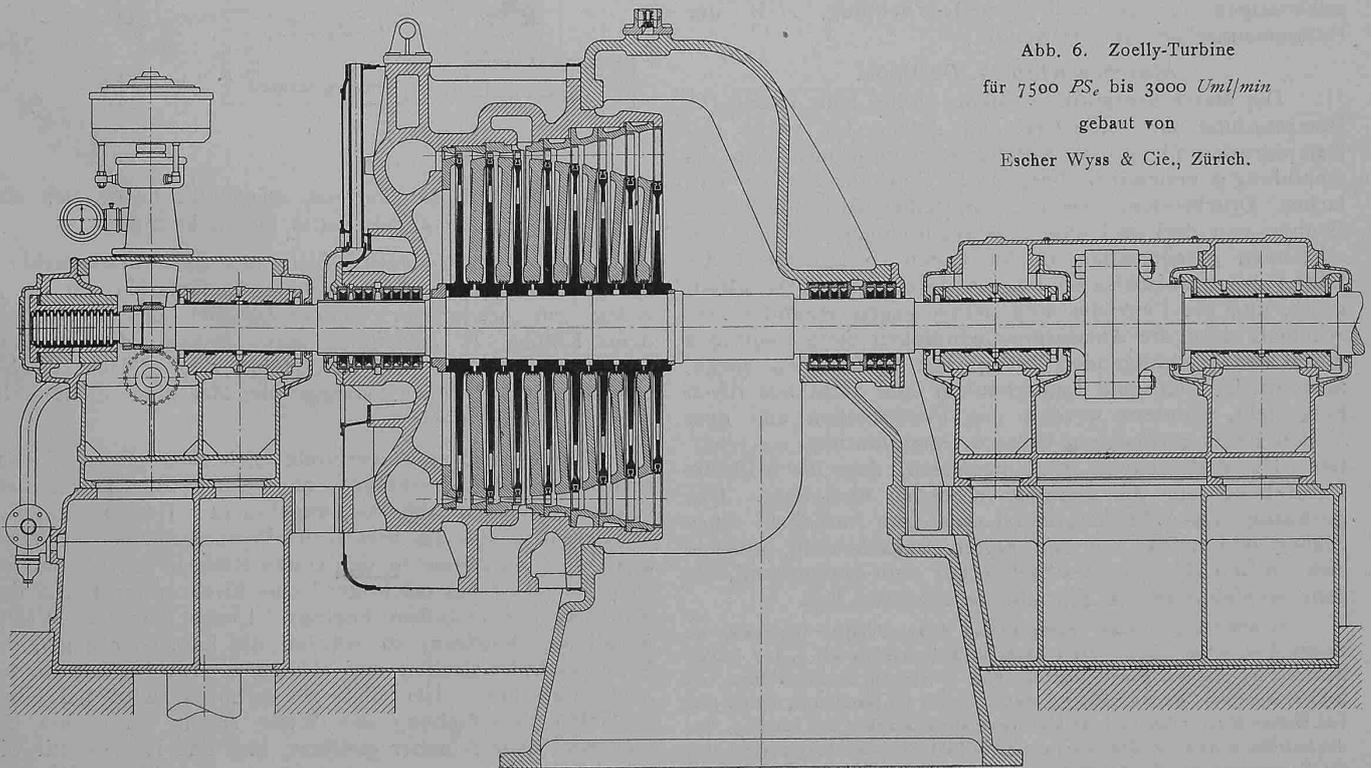


Abb. 6. Zoelly-Turbine
für 7500 PS_e bis 3000 Uml/min
gebaut von
Escher Wyss & Cie., Zürich.

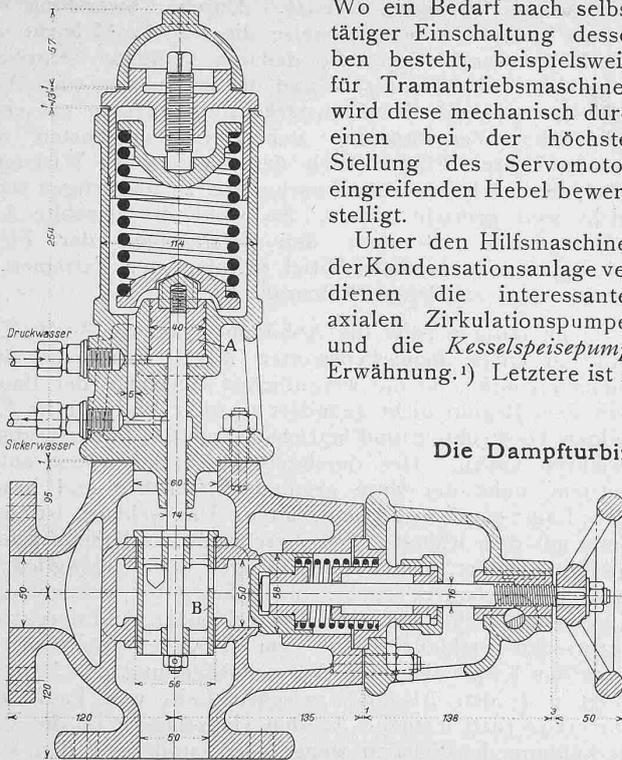


Abb. 8. Regelvorrichtung für konstanten Druck.

Abbildung 7 dargestellt und für eine Leistung von $36 m^3$ in der Stunde bei $15 at$ Gegendruck und $5000 Uml/min$ bestimmt. Die selbsttätige Regelvorrichtung für konstanten Druck (Abbildung 8) besteht aus dem Kolben *A*, auf dessen Unterfläche die Pressung der Speisedruckleitung einwirkt. Beim Anlassen der Pumpe geht infolge steigenden Druckes der Kolben *A* in die Höhe und drosselt den Dampf mittelst des Schiebers *B*, bis sich bei einer je nach der Fördermenge höhern oder niedrigeren Umlaufzahl Gleichgewicht zwischen Federbelastung und Pumpendruck eingestellt hat. Die Pumpe ist ausserdem mit einem Sicherheitsregler *C* versehen und wird mit Vorliebe in Verbindung mit einer selbsttätigen Anlass- und Abstellvorrichtung, z. B. der Hannemannschen Art, verwendet.

Maschinenfabrik Oerlikon.

Die Maschinenfabrik Oerlikon stellte eine $10000 PS$ Dampfturbine mit $1500 Uml/min$, gebaut für $15 at abs.$ Dampfdruck und $350^\circ C$ Anfangstemperatur aus. Wie aus Abbildung 9 ersichtlich, besteht die Turbine aus 14 einfachen Druckstufen, die in eine teilweise beaufschlagte Gruppe von drei und eine voll beaufschlagte Gruppe von elf Stufen geteilt sind. In der ersten Gruppe bleibt die Länge des beaufschlagten Bogens durch alle Stufen gleich gross, und die Leiträder sind derart gegen einander verschoben, dass die Auslassgeschwindigkeit eines Laufrades durch den nachfolgenden Leitapparat vollkommen ausgenutzt wird. Leit- und Laufschaufeln sind nicht aus Blech hergestellt, sondern werden aus Profilstücken aus dem Vollen herausgefräst, um bessere Dampfleitung zu erhalten. Die Welle ist so stark bemessen, dass die kritische Umdrehungszahl die normale erheblich übersteigt. Der geräumige Dampfleitungskanal dient zur Aufnahme eines Siebes unmittelbar vor den ersten Leitschaufeln, welches sich im Betriebe, trotz des Siebes vor dem Hauptventil, als sehr empfehlenswerte Einrichtung erwiesen hat.

¹⁾ Abbildungen nach Photographien dieser Pumpen-Aggregate von Escher Wyss & Cie. finden unsere Leser in Abb. 9 u. 10 auf S. 157 letzten Bandes. Im gleichen Bande sind die hier erörterten Dampfturbinen von Brown, Boveri & Cie. auf Tafel 13 (neben S. 96) gut ersichtlich, ferner jene von Escher Wyss & Cie. und der Maschinenfabrik Oerlikon auf Tafel 15. Von der letztern wird ausserdem noch ein gutes Bild im Ausstellungsbericht über die Erzeugnisse der Starkstromtechnik gebracht werden. Die Red.

Wo ein Bedarf nach selbsttätiger Einschaltung desselben besteht, beispielsweise für Tramantriebsmaschinen, wird diese mechanisch durch einen bei der höchsten Stellung des Servomotors eingreifenden Hebel bewerkstelligt.

Unter den Hilfsmaschinen der Kondensationsanlage verdienen die interessanten axialen Zirkulationspumpen und die *Kesselspeisepumpe* Erwähnung.¹⁾ Letztere ist in

Die Regelung erfolgt mittelst Drosselung durch den Kolbenschieber *A*, der indessen organisch mit dem Ueberlastventil *B* verbunden wird. Hat der Schieber *A* voll aufgemacht, so ist das Spiel bei *C* gerade durchlaufen, und der Hebel *D* findet dort einen festen Stützpunkt, um *B* anzuheben.

Veranlasst durch Betriebsvorkommnisse an Anlagen, die unter minder guter Wartung stehen, versieht die Maschinenfabrik Oerlikon ihre Turbinen mit weitgehenden Sicherheitsvorrichtungen. Gemäss Abbildung 10 wird das Hauptabschlussventil gegen den Widerstand einer Feder durch Oeldruck unter den Kolben *E* geöffnet; das Handrad mit Schraube dient nur für gelegentlichen Gebrauch. Sinkt nun der Oeldruck im Betriebe wegen Undichtheit u. a. auf weniger als $2 at$, so wird das Ventil selbsttätig

Die Dampfturbinen an der Schweiz. Landesausstellung Bern 1914.

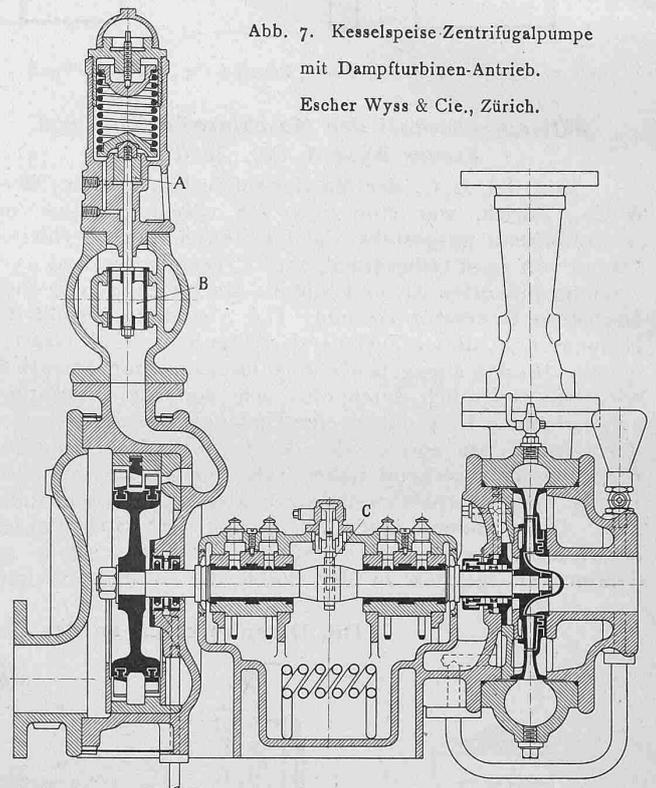
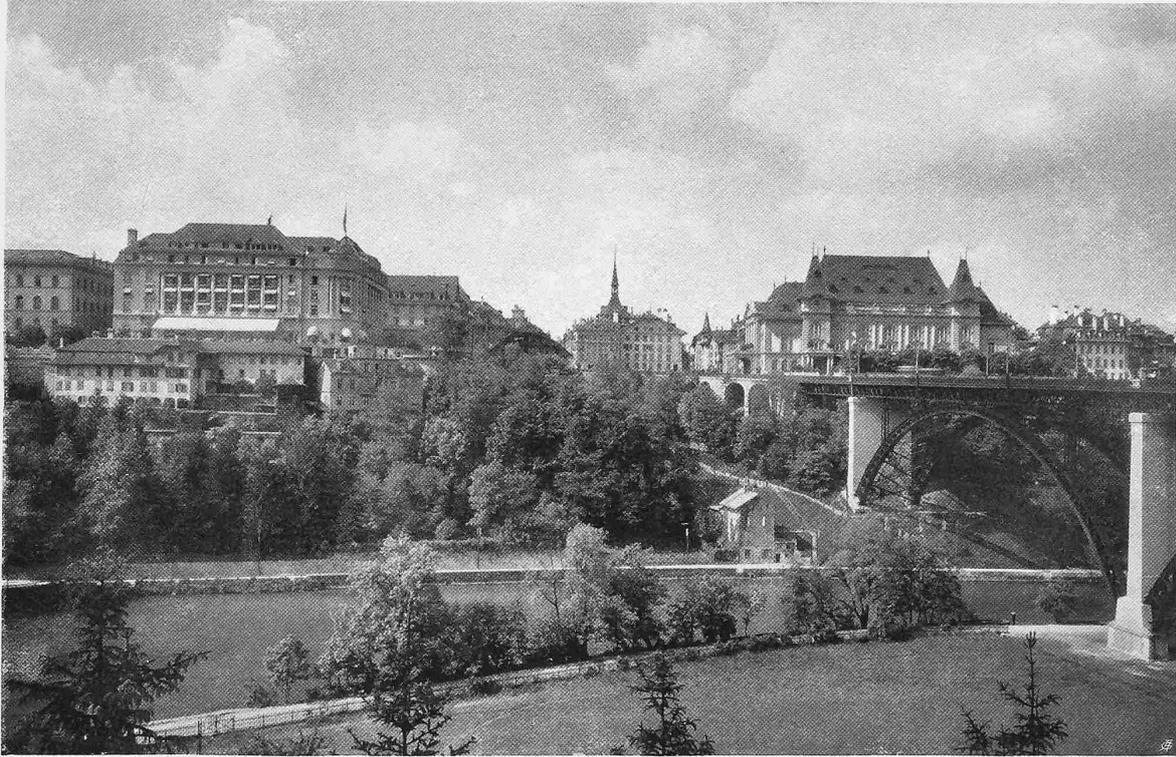


Abb. 7. Kesselspeise Zentrifugalpumpe mit Dampfturbinen-Antrieb. Escher Wyss & Cie., Zürich.

geschlossen, und die Turbine abgestellt, bevor sich die Lager infolge Oelmangels warm laufen konnten.

Das gleiche Ventil dient als Sicherheitsabschluss bei Ueberschreitung der normalen Umlaufzahl um 15% , indem ein besonderer Sicherheitsregler das Oel unter dem Kolben *E* auslaufen lässt. Sobald die normale Geschwindigkeit erreicht ist, führt der gleiche Regler wieder Drucköl hinzu, sodass die Maschine nicht vollständig abgestellt wird.

Endlich ist eine wertvolle Sicherung gegen die berüchtigten „Wasserschläge“, an welchen die Turbine als solche stets unschuldig ist, angebracht. Der massenhafte Wasserzutritt, der das Wesen des Wasserschlages ausmacht, kann die Laufkanäle in den ersten Rädern so vollkommen ausfüllen, dass ein mächtiger Ueberdruck entsteht und das Kammlager einzureiben beginnt. Liesse man das Weissmetall ausschmelzen, so würden die Laufräder gegen die Scheidewände streifen und die ganze Turbine könnte zusammenbrechen. Um dies zu verhüten, wird bei einer axialen Verschiebung der Welle schon um $1 mm$ ein weiterer Steuerschieber geöffnet, und das Hauptventil wie oben geschlossen. (Forts. folgt.)



OBEN: BLICK VON SÜDEN AUF HOTEL BELLEVUE UND DAS KASINO — UNTEN: OSTFRONT DES HOTEL BELLEVUE



PALACE-HOTEL BELLEVUE IN BERN

ARCHITEKT MAX HOFMANN, BERN



WINTERGARTEN

HAUPTTREPPE



PALACE-HOTEL BELLEVUE IN BERN

ARCHITEKT MAX HOFMANN, BERN

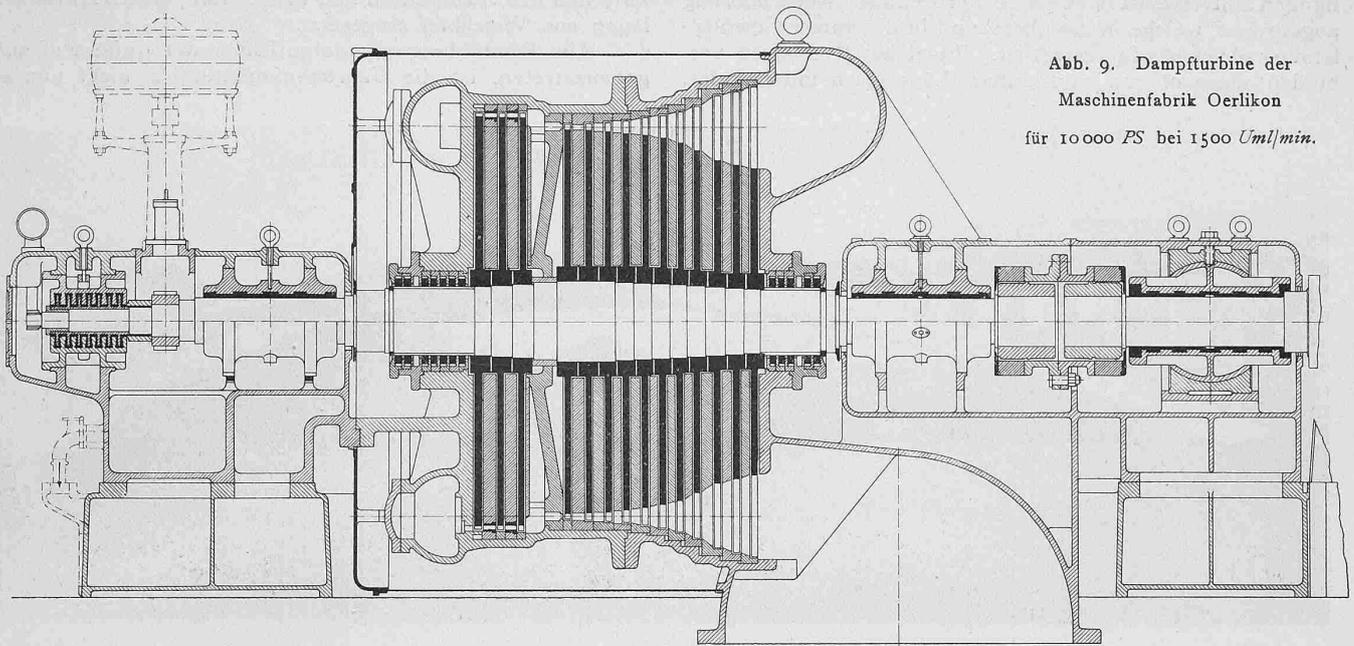


Abb. 9. Dampfturbine der
Maschinenfabrik Oerlikon
für 10000 PS bei 1500 Uml/min.

Die neue Aarebrücke in Olten.

Von E. Froté, Ingenieur, Zürich.

Am 9. April letzten Jahres hat die Uebernahme der in Eisenbeton ausgeführten, 97,20 m langen Strassenbrücke über die Aare, die eine direkte Verbindung zwischen dem Bahnhofgebiet der Stadt Olten und der in starker Entwicklung stehenden Ortschaft Trimbach herstellt, durch die Behörden des Kantons Solothurn stattgefunden. Die mit

einem einzigen Bogen über die Aare erstellte Brücke ist deshalb bemerkenswert, weil dieser Bogen, bei einem Verhältnis der Pfeilhöhe zur Spannweite von nur 1 : 8,8, eine der grössten in der Schweiz ausgeführten Spannweiten aufweist. Die Brücke überspannt die Aare mit einem flachen Bogen von 82 m Spannweite bei einer Pfeilhöhe von bloss 9,27 m. Sie hat eine Fahrbahn von 5 m Breite und auf beiden Seiten derselben je einen Gehweg von 1,50 m, sodass die lichte

Weite zwischen den 1,05 m hohen schmiedeisernen Geländern 8 m beträgt. Die Fahrbahn ist für eine Nutzlast von 350 kg/m² und einen Wagen von 12 t, die Gehwege für eine Nutzlast von 500 kg/m² berechnet (Abb. auf S. 6).

Die 15 cm dicke Fahrbahnplatte, auf der ein wasserdichter Teermacadam die Chaussierung bildet, ruht auf vier 0,50 m hohen und 0,20 m breiten Längsträgern, die in Abständen von 1,85 m, 1,90 m und 1,85 m von einander angeordnet sind; sie ist links und rechts frei auskragend verbreitert. Diese Verbreiterungen bilden die Gehwege, deren Laufflächen aus einem mit Steineinlagen versehenen Verputz bestehen. Die vier Längsbalken werden in jeder Gewölbekälfte von je elf, 2,4 m von einander entfernten Reihen rechteckiger Ständern, die ihrerseits auf dem Gewölbe ruhen, getragen. Gegen die Mitte des Gewölbes geht die Fahrbahnplatte in das Gewölbe über.

Das Gewölbe ist als Dreigelenkbogen ausgebildet, wobei die Bogenaxe so gewählt ist, dass sie mit der aus dem Eigengewicht sich ergebenden Drucklinie zusammenfällt. Der rechteckige Querschnitt des Gewölbes hat eine konstante Breite von 6,0 m. Seine Höhe wächst von 1,30 m am Kämpfer bis auf 1,55 m in der Viertelsöffnung und nimmt von da wieder ab bis auf 1,20 m am Scheitel. Die mit Hilfe der Einflusslinien durchgeführte Berechnung des Gewölbes ergibt eine maximale Beanspruchung des Betons von 47,9 kg/cm² und eine minimale Beanspruchung von 12,3 kg/cm². Obwohl im ganzen Gewölbe nur Druckspan-

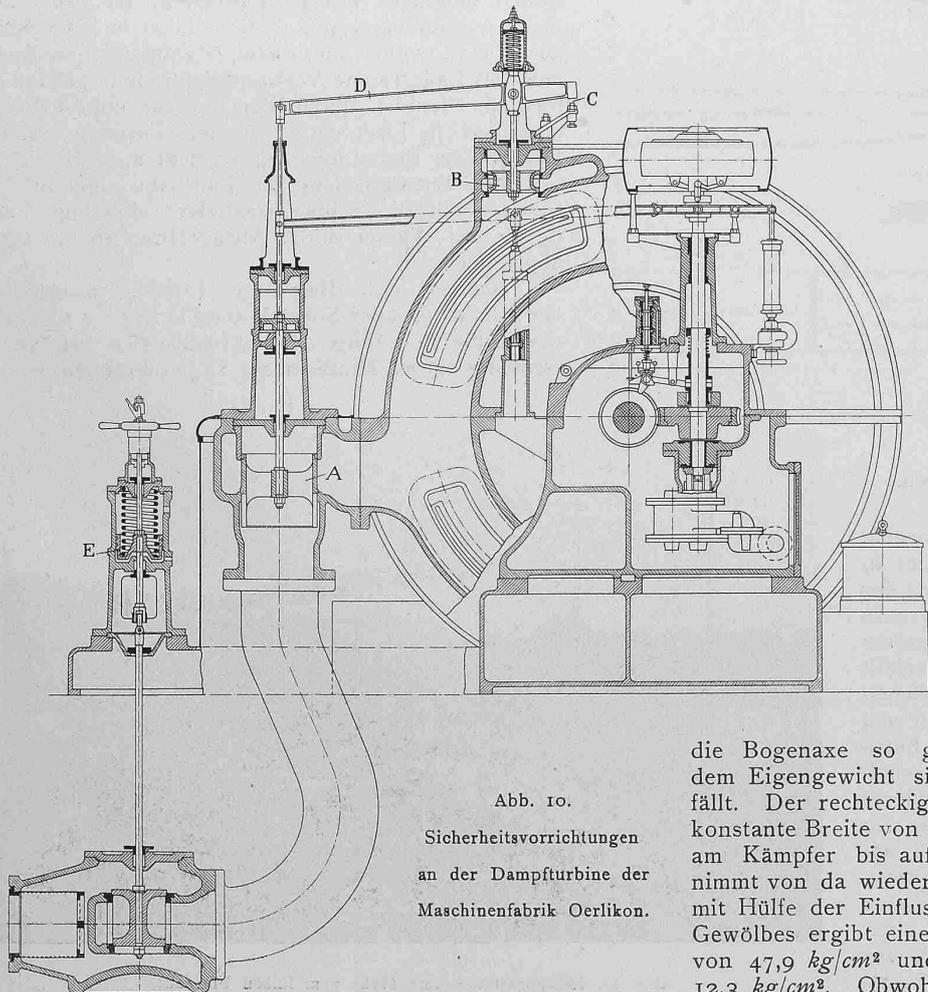


Abb. 10.
Sicherheitsvorrichtungen
an der Dampfturbine der
Maschinenfabrik Oerlikon.