

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 85/86 (1925)
Heft: 14

Artikel: Zur Höchstdruck-Dampf-Entwicklung
Autor: Od.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-40200>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.03.2025

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

ist, sobald die Erhärtung des Beton es zulässt, eine Erdschicht von etwa 10 cm Dicke aufzubringen, die wiederholt kräftig zu begiessen ist. Die Betonmischung wurde mit 350 kg Zement auf 1 m³ Sandkiesgemenge in sorgfältiger Auswahl vorgeschrieben. Von einer fettern Mischung wurde mit Rücksicht auf die grössere Schwindung abgeraten, ebenso von jedem, das unbedingt Notwendige überschreitenden Wasserzusatz. Die Reihenfolge der Betonierung der Teilstücke ist beliebig.

Auf die Wiedergabe der Einzelheiten der Längsbewehrung jedes Rohrstückes und ihrer Berechnung wird hier nicht weiter eingegangen. Es sei nur erwähnt, dass die aus der Schwindung und der Reibung am Unterbeton entstehenden Längskräfte aufzunehmen waren einerseits durch die Zugfestigkeit des Beton (zulässige Beanspruchung 10 kg/cm²), anderseits durch die Längseisen allein (zulässige Spannung 2500 kg/cm²). Hieraus ergab sich die mögliche Länge der Rohrstücke (rund 71 m) und die notwendige Längsbewehrung. Da die Zugkräfte von der Mitte des Rohrstücks gegen die Enden abnehmen, ist auch die Bewehrung in der Mitte kräftiger geplant worden; sie ergab sich mit 37 bis 52 cm² je nach der Dicke der Rohrwand. Als Mindestbewehrung wurden 0,2 % des Querschnitts vorgeschrieben.

Zwischen den 71 m langen Rohrstücken wurden Lücken von etwa 60 cm Länge gelassen, in die die benachbarten Längsbewehrungen hineinragten und endeten. Die Rohrstücke sind also ganz unabhängig voneinander; sie lagern auf dem durchlaufenden Betonbett auf. Dieses ist an den Lücken verdickt.

Nach der Betonierung sämtlicher 24 Rohrstücke, frühestens aber sechs Wochen nach ihrer Herstellung, erfolgte die Ausführung der Schlussteile gemäss der Abbildung 3. Die Schlussteile sind wie das laufende Rohr ringbewehrt und längsbewehrt. Für die geplanten Schlussteile war besondere Sorgfalt am Platz.

Die volle 1 m Ueberschüttung der Rohrstücke sollte unmittelbar nach Einfügung der Schlussteile, die Ueberdeckung der Schlussteile sobald als möglich erfolgen.

Durch diesen Arbeitsvorgang war beabsichtigt, dass in den Rohrstrang nur mehr die Schwindspannungen gelangen, die aus der dem Einfügen der Schlussteile folgenden Schwindung entstehen; diese bewegen sich in bescheidenen Grenzen.

Die Füllung des Rohrstrangs mit Wasser sollte drei bis vier Wochen nach Fertigstellung der Schlussteile erfolgen und damit die Rissgefahr überwunden sein. Denn nunmehr begann der Beton durch Wasseraufnahme zu quellen und es stellte sich ein spannungsschwacher Zustand ein, der keine Neigung zur Rissbildung erwarten lässt.

Die aus den Wärmeänderungen entstehenden Längsspannungen sind von untergeordneter Bedeutung und werden von der Mindestbewehrung (0,2 %) aufgenommen, auch in den Schlussteilen.

Die Ausführung des Rohrstrangs wurde nach diesen Vorschlägen von den Wiener Bauunternehmungen Ast & Cie. und A. Porr bewerkstelligt (Abbildungen 4 bis 6). Die Betonierung erfolgte im Sommer und Herbst 1921, die Inbetriebsetzung des Kraftwerks im Jahre 1922. Die Herstellung des Rohrs ist vollständig gelungen.

Nach dem gleichen Arbeitsvorgang und den selben Grundsätzen für die Zerlegung des Rohrstrangs in einzelne Stücke mit Längsbewehrungen und mit durch Schlussteile zu schliessenden Lücken ist das Druckrohr für das Kraftwerk Blumau im Herbst 1922 und Frühling 1923 hergestellt. Bauherrin war die Staatsverwaltung, die ausführenden Betonbaufirmen wie im Föhrenwald Ast & Cie. und A. Porr. Das Rohr hat eine Lichtweite von 1,60 m und 14 bis 24 cm Wandstärke. Die Gesamtlänge des Rohrstranges beträgt 4,5 km, der Innendruck wächst vom Einlauf bis zur Turbine auf 28 m Wasserhöhe. Die Rohrstücke haben 91 m Länge und sind mit 0,29 bis 0,40 % längsbewehrt. Bei diesem Bau sind umfangreiche Versuche an Probe-rohren mit Innendruck bis zum Bruch ausgeführt worden.

Zur Höchstdruck-Dampf-Entwicklung.

Die Fortschritte in der Herstellung von hochwärmecbeständigen Maschinenbau-Materialien haben die Verwirklichung des Höchstdruckdampf-Problems näher gebracht. Eine Reihe von Dampfkraftanlagen mit 50 bis 100 kg/cm² Anfangsdruck und Dampftemperaturen bis über 500° C sind teils im Versuchstadium, teils haben sie bereits beträchtliche Betriebszeiten hinter sich. Der gesteigerte Wirkungsgrad mit Höchstdruckdampf-Betrieb tritt besonders bei den Gegen-druck-Anlagen hervor, wo für relativ hochgespannten Abdampf Verwendungsmöglichkeit besteht, also bei geteilten Kolbenmaschinen und Turbinensätzen und in solchen Fabrikbetrieben, wo hochgespannter Dampf für Heizzwecke benötigt ist, z. B. in der chemischen Industrie.

Der Bau von Höchstdruck-Dampfmotoren bietet weniger Schwierigkeiten als der von Höchstdruck-Dampferzeugern. Von diesen sind in der letzten Zeit besonders der Atmos-Kessel von Ingenieur Blomquist („Z. V. D. I.“ vom 14. Februar 1925, Seite 169) und das Bensonsche Verdampfungsverfahren beim kritischen Druck („Z. V. D. I.“ vom 29. Dezember 1923, Seite 1148 und 1166) hervorgetreten.

Beim *Atmos-Kessel* wird das auf etwa 150° C vorgewärmte Speisewasser in wenigen, horizontal über dem Feuerrost angeordneten rotierenden Rohren in Dampf übergeführt. Der 1923 in der Carnegie-Zuckerraffinerie aufgestellte Kessel hat vier solche Verdampferrohre von 305 mm Aussendurchmesser, 10,5 mm Wandstärke und je 2500 mm Länge; die Rohre drehen sich mit rd. 300 Umdrehungen in der Minute, sodass das Wasser an die Wandung gepresst wird. An den Enden der Rohre vermitteln besonders gebaute Stopfbüchsen den Uebergang mit den stationären Sammelstücken. Zu beiden Seiten des Feuerraums, in den abfallenden Zügen, sind symmetrisch Ueberhitzer und darunter je zwei Vorwärmer eingebaut. Der den Rotoren entweichende Dampf von 100 at wird in den Ueberhitzern auf 390° C gebracht, wobei der Druck infolge der konstruktiven Ausbildung der Ueberführungstücke auf 90 at sinkt. Die Rostfläche beträgt 7,4 m², die Heizfläche der Vorwärmer 191 m², die der Rotoren 13 m², die der Ueberhitzer 8,5 m². Mit 1 kg Kohle von 6100 kcal/kg unterem Heizwert wurden 6,1 kg Dampf gewonnen, entsprechend ungefähr 275 kg/m² exponierter Rotor-Heizfläche. Die Konstruktion des Kessels, besonders die der Stopfbüchsen, scheint sich im allgemeinen gut bewährt zu haben.

Während der Atmos-Kessel sich durch die konstruktive Ausführung von den sonst üblichen Dampferzeugern unterscheidet, hat *Benson* ein prinzipiell neues Verdampfungsverfahren in grossem Versuchsmasstab angewendet. Um die heftige Dampfentwicklung in Rohrschlangenkesseln, und die dabei auftretenden Stösse zu vermeiden, speist er Wasser beim kritischen Druck von 225 at in die Verdampfer-Spiralen. Bei diesem kritischen Druck sind die spezifischen Volumina von Wasser und gesättigtem Dampf gleich gross (0,0031 m³/kg); es findet daher bei der Verdampfung keine Volumenänderung statt. Der ölgefeuerte Benson-Kessel der Versuchsanlage in Rugby (England) leistet etwa 1500 PS; 30% davon wird in einer Hochdruck-Turbine bei einem Druckgefälle von 100 auf 14 at ausgenützt, 70% in der Niederdruck-Turbine bis auf 96,7% Vakuum. Der Kessel besteht aus mehreren parallel geschalteten Rohrwindungen von 20,3/30,5 mm Durchmesser, die allseitig vom Feuer bespült werden; zwischen den Rohrwindungen sind Schamotte-Teilungen. Das Speisewasser wird von einer elektrisch angetriebenen Kolbenpumpe in den untern Teil der Rohrwindungen gedrückt, die Feuergase durchströmen sie im Gegenstrom. In etwa $\frac{1}{10}$ Höhe der Rohre ist die kritische Temperatur von 374° C erreicht; am Auslass der Rohre herrscht leichte Ueberhitzung, und der Dampf gelangt nun in die ähnlich wie die Kesselwindungen ausgebildeten und darüber angeordneten Ueberhitzer, wo er unter Expansion von 225 at auf 105 at, auf etwa 450° C erhitzt wird. Am Eintritt der Hochdruck-Turbine hat er noch 420° C; vor

der Niederdruck-Turbine wird er neuerdings auf rd. 350° C überhitzt. Die Hochdruck-Turbine verarbeitet ungefähr 110 kcal/kg, die Niederdruck-Turbine ungefähr 245 kcal/kg; der totale thermische Wirkungsgrad ist schätzungsweise 22,3%, die Temperatur im Kamin bloß 50° C. In Abbildung 1, die wir der „Z. V. D. I.“ entnehmen, ist der Verlauf der thermischen Vorgänge in der Rugby-Anlage im Mollier-Diagramm dargestellt. Das im System enthaltene Wasser- und Dampfgewicht beträgt bei der 1500 PS Leistung aufweisenden Anlage nur 250 kg.

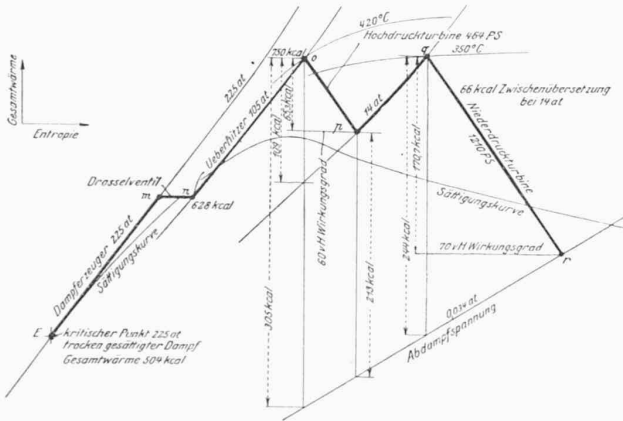


Abb. 1. Wärme-Entropie-Verlauf der Rugby-Anlage. (Nach „Z. V. D. I.“)

Der Atmos-Kessel und der Benson-Kessel arbeiten mit direkter Heizung der dampferzeugenden Teile. Neuerdings hat Professor Löffler (Charlottenburg) in Verbindung mit der Wiener Lokomotivfabrik, Florisdorf, ein weiteres Höchst-Druck-Dampferzeugungssystem entwickelt. Das Charakteristische dabei ist, dass die Wärmeabgabe des Brennstoffs ausschliesslich im Vorwärmer und Ueberhitzer stattfindet, sodass der eigentliche Dampfkessel nicht dem Feuer ausgesetzt ist. Die Verdampfung im Kessel geschieht nur durch überhitzten Dampf, der dem Betriebssystem abgezapft wird. Im Heizdampfsystem ist der Druck höher als im Dampfkessel, und der dem Kessel entnommene Dampf muss daher durch eine besondere Pumpe in den Ueberhitzer getrieben werden. Nach dem beigegebenen, „Engineering“ vom 7. April 1925 entnommenen Schema (Abbildung 2), drückt die Speisepumpe A das Wasser in den Vorwärmer E, und weiter in den untern Teil des Kessels oder Verdampfers V.

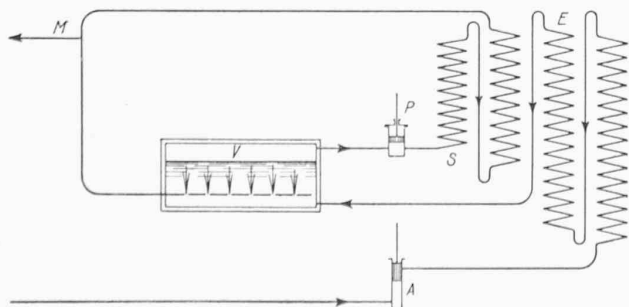


Abb. 2. Schema des Verfahrens nach Prof. Löffler. (Nach „Engineering.“)

Ferner wird bei der Inbetriebsetzung Dampf von irgend einer verfügbaren Dampfleitung entnommen; wenn dies nicht möglich ist, muss ein Hilfsdampfkessel installiert werden, von dem die Pumpe P den Dampf in den Ueberhitzer S befördert. Von da gelangt der hochüberhitzte „Heiz“-Dampf in den Verdampfer V und entweicht darin durch den Wasserraum, wie angedeutet. Schliesslich wird in V neuer Dampf erzeugt, der teils wieder durch den Ueberhitzer S getrieben wird, teils nach der Maschine M geht. Der durch den Ueberhitzer getriebene Dampf wird wieder in den Verdampfer V geführt. Sobald Beharrungszustand erreicht ist, wird der Hilfsdampf abgestellt, und das System arbeitet nun allein weiter.

Auf diese Weise können Drucke von 100 at und mehr erreicht werden. Kesselstein kann sich nur im Verdampfer V ansetzen, wogegen die dem Feuer ausgesetzten Ueberhitzer-Spiralen nicht durch Inkrustation und lokales Durchbrennen gefährdet sind. Dampferzeugung und Ueberhitzung sind also in einem System vereinigt, obwohl sie in getrennten Apparaten stattfinden. Die Abmessungen der Dampf Räume sind verhältnismässig gering, sodass die heutigen Baustoffe genügen. Der Verdampfer V ist sorgfältig isoliert; etwa sich ansetzender Kesselstein schadet hier nicht viel; er verbessert eher noch die Wärme-Isolation. Die Kolbenpumpe P, die den Dampfkreislauf besorgt, hat nur den Differenzdruck zu überwinden; dagegen arbeitet sie beständig unter Höchst-Druck, also unter noch schwierigeren Bedingungen als die Höchst-Druck-Kraftmaschine. Sie ist ebenfalls mit Isolation umhüllt und hat sich bei den Versuchen soweit gut bewährt. Der Dampf wird bis auf 400, 500 und 600° C erhitzt. Einmal trat Undichtigkeit auf, als die Temperatur von 600 auf 450° C erniedrigt wurde. Eine Reihe neuer konstruktiver Fragen traten auf, und es werden weitere Mitteilungen in nächster Zeit erwartet, ebenso über den Pumpen-Kraftbedarf.

Löfflers Dampferzeugungssystem hat, soweit es den Verdampfer V betrifft, eine gewisse Analogie in den Dampfkesseln mit direkter Flamme unter Wasser, wobei die beste Wärmeübertragung gewährleistet ist. Mit Kesseln mit innerer Flamme wird schon seit Jahren experimentiert; neuerdings taucht dieses System wieder in England auf. Oskar Brunler („The Engineer“, 13. Februar 1925, S. 184) hat eine 500 PS Anlage gebaut, die, mit zahlreichen flüssigen Brennstoffen probiert, befriedigend arbeiten soll. Hier wird, ähnlich wie beim Unterwasser-Autogenbrenner, eine Oelflamme mit Druckluftzufuhr im Wasserraum eines Dampfgenerators unterhalten. Ein oder mehrere solche Generatoren liefern Dampf in einen Sammelkessel, von wo aus die Leitung nach Ueberhitzer und Maschine führt. Der Ueberhitzer wird ähnlich wie der Generator geheizt. Das Dampf-Gasgemisch enthält 40% Verbrennungsgase, und es ist daher unmöglich, die Maschine mit Kondensation zu betreiben, da die Luftpumpe unmassig gross würde. Brunler glaubt jedoch, dass die Vorteile der direkten Verbrennung grösser seien, als der Nachteil des Mangels eines Kondensators; er will wirtschaftlich höhere Wirkungsgrade erzielt haben. Ueber die Grenzen der erreichten Temperaturen und Drucke ist noch nichts bekannt geworden; es darf angenommen werden, dass die Abmessungen der Dampferzeugungsanlage wesentlich geringer als bei Kesselanlagen mit äusserer Heizung ausfallen.

Von den frühern Arbeiten in Höchst-Druckdampf- Erzeugung und -Anwendung sind Dr. Gustav de Laval's Arbeiten zu erwähnen, die 30 Jahre zurückliegen. Professor Josse hat kürzlich auf diese frühen Anwendungen hingewiesen („Z. V. D. I.“, 14. Februar 1925, Seite 169); die Aktiebolaget de Laval's Angturbin hat uns in freundlicher Weise Mitteilungen über einen Vortrag gemacht, den Ingenieur V. Nordström am 14. Januar 1924 in der Svenska Teknologföreningen“, Stockholm, gehalten hat. Diese von authentischer Seite gemachten Angaben sind umso interessanter, als daraus hervorgeht, wie de Laval's Genialität eine Reihe von Teilproblemen erkannt und gelöst hat, die, Jahrzehnte später, allgemeine Verbreitung gefunden haben.

Die seit 1880 gebauten „Normaldruck“-Turbinen erforderten anfänglich fortgesetzte Ueberwachung durch den Maschinisten und Heizer. De Laval's Bestrebungen gingen darauf hinaus, die Maschine für Kleinbetriebe möglichst anspruchlos in der Wartung zu gestalten, vor allem die Schwierigkeiten bei den primitiven Kesseln zu beheben. Dies führte auf die Spiralrohrkessel mit möglichst kleinem Wasser- und Dampfgehalt. Er wählte bereits 100 bis 200 kg/cm² Betriebsdruck, wovon er bessere Wirtschaftlichkeit erwartete. In den folgenden Jahren wurden über 30 solche Anlagen gebaut in fünf Grössen von 5 bis 100 PS Leistung. Oeffentlich arbeiteten vier 100 PS Turbinen-Aggregate im Jahre 1897 auf der Kunst- und Industrie-Ausstellung in Stockholm, wo sie den gesamten elektrischen Strom für die

Ausstellung lieferten. Zwei gleich grosse Sätze wurden in den Järila-Werkstätten in Betrieb gesetzt, worüber im Maschinen-Rapport vom 8. März 1897 steht: „Gedenktag in der Geschichte der Industrie, an dem eine Werkstatt zum ersten Mal durch Dampfmotor von 3000 Pfund pro Quadratzoll (210 at) getrieben worden ist“.

Nebenstehende Abbildung 3 gibt eine Idee dieser frühen Höchstdruck-Aggregate. Der Spiralrohrkessel A hat Schachtfeuerung für Kohle und Anthrazit und künstlichen Unterwind. Die grösseren Einheiten waren für 200 at eingerichtet und die Kesselspiralen wurden auf 400 kg/cm^2 Wasserdruck geprüft; die Dampftemperatur betrug meistens 375 bis 400°C . Vom Dampfkessel wird der Dampf über den Dampfregulator hinweg nach dem Düsenapparat der Turbine C geleitet. Die Turbine hatte im wesentlichen das gleiche Aussehen wie jene für „normalen“ Druck. Sie war mit Zwillings-Zahntriebe R ausgestattet zum Antrieb eines zweiwelligen Gleichstromgenerators M. Das Turbinenlaufrad der 1889er Ausführung war zweikräftig, ähnlich dem nachmaligen Curtisrad. Der Abdampf gelangte nach dem Oberflächenkondensator B, der sein Zirkulationswasser von der direktgekuppelten Zentrifugalpumpe D erhielt. Diese Pumpe lieferte ebenfalls das Druckwasser für die Wasserstrahlpumpe E. Das Kondensat wurde durch die Mehrfachkolbenpumpe P_1 in einen mit Schwimmer ausgestatteten Speisewasserbehälter G gepumpt, von wo aus es durch die Speisepumpe P_2 wieder in den Kessel gedrückt wurde. Diese beiden Pumpen, sowie der Ventilator I für die Unterwind-Erzeugung, waren direkt von der Turbine angetrieben.

Für die Regulierung des Systems wurde Druckwasser aus der Speisepumpe verwendet, das nach Passieren eines Druckverminderungsorgans auf einen etwas geringeren Druck als der Kesseldruck abgedrosselt wurde und die Regulierung des Düsenapparats besorgte. Die Regulierung des Dampfdrucks geschah mittels Zuggestänge, das die Luftleitung zwischen Ventilator und Kessel beeinflusste. Bei steigendem Druck im Kessel, bei schneller Entlastung, wurde überdies ein System von Luftkühlhülsen betätigt. Solche Aggregate konnten in etwa 15 Minuten vom kalten Zustand auf Vollast gebracht werden.

Der maschinelle Teil und die Regulierung haben im allgemeinen befriedigend gearbeitet, der Kessel dagegen war immer die schwache Seite, und die dem Feuer zunächst liegenden Spiralen brannten nach verhältnismässig kurzer Zeit durch. Die sich dabei einstellenden „Explosionen“ waren ungefährlich wegen des geringen Wasserinhalts und weil sich der Inhalt infolge der grossen Reibungswiderstände der engen Spiralen verhältnismässig langsam entleerte. Immer wurde an den Stellen, wo Durchbrennen erfolgte, Kesselsteinbildung gefunden. Leider wurde die Weiterentwicklung de Lavals Höchstdrucksystems durch die damals einsetzende Depression in der schwedischen Industrie gehemmt; auch waren noch nicht genügend widerstandsfähige Baustoffe erhältlich. Trotzdem wurde die Sache im Stillen weiter verfolgt, und de Laval hat mit Ingenieur *J. V. Blomqvist* die Ausbildung der Höchstdruckkessel vervollkommenet. Eine derartige Anlage wurde im Jahre 1917 für die Carnegische Raffinerie in Gothenburg geliefert, mit anfänglich 50 at. Später wurde der Druck auf 109 at erhöht. Die Turbine leistet 600 PS bei 6000 Uml/min und treibt mittels Zahnradgetriebe einen elektrischen Generator von 3000 Uml/min. Dies sind bereits Drehzahlen, die heute als normal gelten. De Laval hatte stets auf hohe Umdrehungszahlen tendiert. Später baute die Aktiebolaget de Lavals Angturbin geteilte Turbinen mit 15000 Uml/min der Hochdruckpartie und fliegendem Rad, und 3000 Umdrehungen des Niederdruck-Kondensations-Teils, welch letzterer direkt den Generator trieb, gemeinschaftlich mit dem durch Reduktionsgetriebe gekuppelten Hochdruckteil.

De Lavals Regulierungssystem mit ständig flieszender Regulierflüssigkeit ist im *Arca-Regulator* (vergl. Band 81, Seite 237, 12. Mai 1923) neu erstanden. Od.

ZUR HÖCHSTDRUCK-DAMPF- ENTWICKLUNG

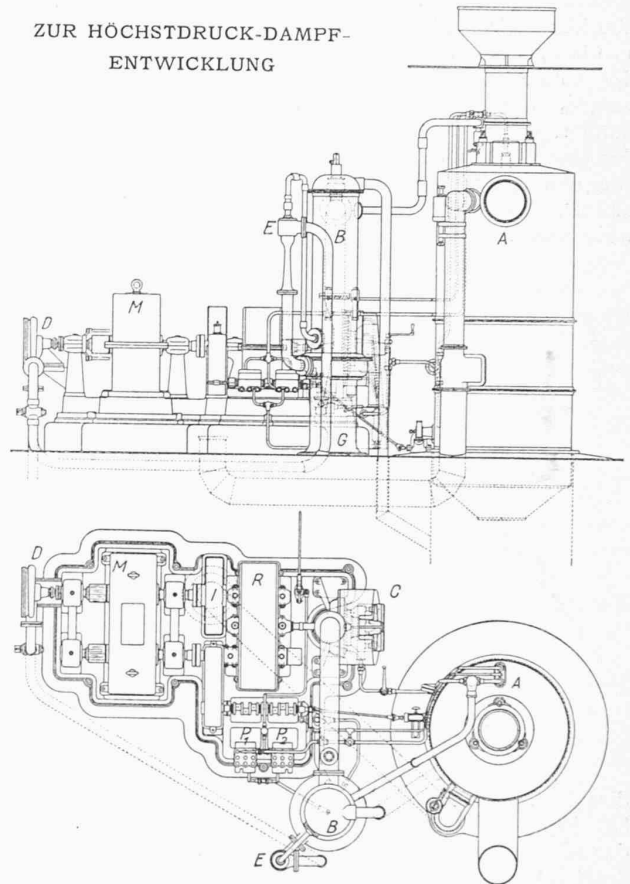


Abb. 3. De Laval-Kessel- u. Turbo-Aggregat für 200 at, vom Jahr 1897. — 1:70.

Ausführungen und Erfahrungen auf dem Gebiete des Automobilstrassen-Baues.

Von Prof. Dr.-Ing. JOS. BRIX, Charlottenburg.

(Schluss von Seite 149.)

Im einzelnen möchte ich noch auf einige Ergebnisse, sowie besondere Erfahrungen usw. hinweisen.

Die *Betonstrasse* ist der heute in den Vereinigten Staaten erfolgreichste Strassentyp, soweit es sich um die Landstrassen handelt. Einige Bemerkungen darüber dürften deshalb willkommen sein. Die Erfahrung zeigt, dass bei Betonstrassen die nicht unterstützten Ecken, die Ränder und die Längsseiten die schwächsten Stellen der Decke sind. Daher hat sich entweder eine Verstärkung der Decke an diesen Stellen oder die Einlegung von Bewehrungsseisen, Rundstäben, schliesslich auch beides bei besonders starkem und schwerem Verkehr, als nützlich erwiesen. Die Rissebildung ist bei Betondecken unvermeidlich. Durch Anordnung von Dehnungsfugen, Quertfugen alle 6 bis 10 m, und einer Längsmittelfuge bei Strassen über 6 m Breite, lassen sich aber die Risse an diese Fugen bannen. Sie lassen sich derart meistern, dass sie, abgesehen von Haarrissen, mit den vorgesehenen Dehnungsfugen übereinstimmen. Bei während kaltem Wetter gebauten Betonstrecken zeigten sich 12 mm starke Dehnungsfugen zu schmal, beim Eintritt wärmerer Tage entstanden Pressfugen, wodurch der Beton gesprengt wurde. Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt der Luft sind bei Ausführung der Betondecken besonders zu beachten. Die Wasserzugabe ist hiernach zu regeln.

In den Vereinigten Staaten wird angenommen, dass eine zweckmässig angeordnete Eiseneinlage die Lebensdauer der Decke um $\frac{1}{5}$ verlängert. Es ist in Amerika gelungen, Betondecken auszuführen, ohne dass Längsrisse auftauchten. Dies wird auf die Kantenverstärkung und die sorgfältige Behandlung des Beton nach dessen Einbau zurückgeführt. Möglichst trockene Mischung wurde hierbei bevorzugt. — Darüber, ob eine Betondecke in zwei Schichten oder als Einheitsdecke zweckmässiger ausgeführt wird, sind die Meinungen noch geteilt. Es erscheint nicht ausgeschlossen, dass auch das Zementbeton-Spritzverfahren, der Torkret oder Beton nach dem sogenannten Kraftverfahren zur Herstellung von Strassendecken mit Erfolg angewendet werden kann.