**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
**Band:** 99/100 (1932)
**Heft:** 16

**Artikel:** Der Sulzer-Hochdruck-Dampferzeuger
**Autor:** Gebrüder Sulzer AG
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-45573

**Nutzungsbedingungen**
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 11.07.2025

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

INHALT: Der Sulzer-Einrohr-Hochdruck-Dampferzeuger. — Das allgemeine Problem der Photogrammetrie und die Wild'schen photogrammetrischen Instrumente. — Einige Bemerkungen zum Wettbewerb um einen Generalbebauungsplan für Lausanne. — Mitteilungen: Vom gesteuerten Gleichrichter. Kennziffern zur Beurteilung von Flugzeugen. Basler Rheinhafenverkehr. Der schweizerische Wasserwirtschaftsverband. Das Kraftwerk und die Schleusen von Kembs. Verschiebung der Birsbrücke Basel-Birsfelden. Linksufrige Vierwaldstätterseestrasse. — Wettbewerb: Sanatorium auf der Crischona bei Basel. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortragskalender.

Band 100 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 16

# Der Sulzer-Einrohr-Hochdruck-Dampferzeuger.

Mitgeteilt von GEBRÜDER SULZER A.-G., Winterthur.

Das Streben nach weiterer Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Dampfkraftprozesses hat in den letzten Jahren zu einer starken Erhöhung des Druckes und der Temperatur geführt. Die zu überwindenden Schwierigkeiten lagen in erster Linie beim Dampfkessel. Während man in Amerika den Druck verhältnismässig rascher steigerte als in Europa, hielt man dort mit der Erhöhung der Temperatur noch eher zurück. Bevor hier auf die neuesten Kesselbauarten eingetreten wird, soll zunächst eine kurze Uebersicht über die geschichtliche Entwicklung der Dampfkessel im allgemeinen gegeben werden. Daran anschliessend werden die wichtigsten, bei Drücken von mehr als 30 ÷ 40 at auftretenden Probleme des Kesselbaues dargestellt und einige Sonderkonstruktionen für sehr hohen Druck beschrieben, insbesondere der von Gebr. Sulzer, Winterthur, in den letzten Jahren entwickelte „Einrohr-Dampferzeuger."

Die ältesten Dampfkessel hatten die Gestalt eines Zylinders oder eines abgestumpften Kegels mit gewölbten Böden. Das Material war Kupfer, Bronze oder Gusseisen; die Axe der Kessel lag horizontal oder vertikal, der Dampfdruck betrug nur wenige Zehntel Atmosphären. Bei den ersten Flammrohrkesseln dagegen stieg der Druck schon auf 6 bis 7 at.

Ein eifriger Vorkämpfer für die Einführung höherer Drücke war der Amerikaner *Perkins,* der bereits vor mehr als 100 Jahren einen nur aus gusseisernen Röhren bestehenden Kessel baute, bei dem das Wasser am einen Ende in die Rohre eingespritzt wurde, während der überhitzte Dampf am andern Ende austrat. Diese Anordnung erschwerte aber den Betrieb der damaligen Maschinen zu stark. Der Dampf wurde daher durch den Wasserinhalt einer Kesseltrommel geleitet, wodurch er, unter Ausnutzung der Ueberhitzungswärme, für die zusätzliche Verdampfung von Wasser wieder gesättigt wurde. Ungefähr zur gleichen Zeit baute man in Amerika einen aus einem einzigen, etwa 30 m langen Rohrstrang von 1/4" lichter Weite bestehenden Versuchskessel. Da diese, ihrer Zeit weit vorauseilende Konstruktion nicht betriebsfähig war, wurde sie nicht weiter entwickelt, dagegen Aenderungen an den gewöhnlichen Walzen- und Flammrohrkesseln vorgenommen, die den Hauptzweck verfolgten: Vorgrösserung der Heizfläche und Erhöhung des Betriebsdruckes.

Es entstand so der *Wasserröhrenkessel,* der in Europa besonders von Dr. Alban durchgebildet wurde. Dieser Kessel hatte anfänglich horizontale Röhren. Gleichzeitig baute auch die Firma Steinmüller einen Dampferzeuger mit geneigten Rohren, der schliesslich zum Schrägrohrkessel mit vorderer und hinterer Wasserkammer oder Sektionen und oben liegender Trommel führte. Das Streben nach weiterer Verminderung des Kesselgewichtes und des Platzbedarfs führte zum Steilrohrkessel, dessen normale Ausführung für grössere Einheiten eine oder zwei Unter- und eine oder mehrere Obertrommeln aufweist. Die hauptsächlichsten Vertreter dieser Bauart sind der von Stirling eingeführte Kessel mit gekrümmten und der Garbekessel mit geraden Rohren. — Die heute noch am meisten gebauten Kesselarten sind für kleinere Anlagen der Flammrohrkessel und für grössere der Schrägrohr- und Steilrohrkessel.

Die Frage der höchstzulässigen Temperatur wird immer eine Materialfrage bleiben, der Druck dagegen hat auf die konstruktive Durchbildung des Kessels bestimmenden Einfluss. Besonders zwei Hauptpunkte, die zwar auch für Kessel mit den bisher üblichen Drücken von Wichtigkeit sind, bestimmen ausschlaggebend die Betriebsicherheit eines Höchstdruckkessels:

1. Die Erzielung einer eindeutigen sicheren Wasserströmung zwecks Verhinderung des Haftenbleibens von Dampfblasen an den Siedrohren und des daraus folgenden Defektwerdens der Rohre. Erschwerend gegenüber dem Niederdruckkessel wirkt dabei die infolge des geringeren spezifischen Volumens hochgespannten Dampfes kleinere Auftriebskraft der Dampfblasen, die, bei sonst gleichen Verhältnissen, die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers bezw. des Wasserdampfgemisches verkleinert.

2. Die Verhinderung von Ablagerungen (Kesselstein u. dergl.) auf der vom Arbeitsmittel bespülten Innenseite der Rohre.

Auch die Kesselregelung und -Wartung, die schon bei Steilrohrkesseln mit höhern Drücken infolge der geringern Speicherfähigkeit mehr Aufmerksamkeit verlangen als bei Grosswasserraumkesseln, erfordern erhöhte Beachtung.

Verschiedene Firmen haben versucht, diese Probleme für Kessel mit sehr hohem Druck (100 at und mehr) durch Weiterentwicklung der bekannten Bauarten zu lösen. Insbesondere wurde eine Verminderung der Zahl der Kesseltrommeln angestrebt. So bauten Gebr. Sulzer im Jahre 1924 einen Eintrommel-Kessel für 110 at, der heute noch im praktischen Betrieb steht und inzwischen mehr als 16000 Betriebstunden hinter sich hat. An diesem Kessel sind die bereits bestehenden Erfahrungen auf dem Gebiete des Kesselbaues erweitert und alle Elemente für hohen Druck gründlich studiert worden.

Neben dieser Weiterentwicklung mit bekannten Mitteln sind, namentlich in letzter Zeit, noch verschiedene Sonderkonstruktionen bekannt geworden, die zum Teil auf völlig neuen Wegen die Schwierigkeiten zu überwinden suchten. Eine solche Konstruktion ist der *Atmoskessel,* bei dem die Verdampferheizfläche aus einigen aus Siederohren käfigartig zusammengebauten Rotoren besteht, die durch mechanischen Antrieb gedreht werden. Die einseitig von unten bestrahlten Rohrwände werden infolge der langsamen Drehung immer wieder an anderen Stellen vom Wasser bespült, wodurch Materialspannungen und lokale Erhitzungen vermieden werden. Ursprünglich bestanden die Rotoren aus weiten Rohren, die aber rascher gedreht wurden als bei der heutigen Bauart des Kessels. Durch die Rotation wollte man damals die Bildung eines gegen die Rohrwand gepressten Wasserringes erzielen, wobei wegen der grösseren Fliehkraft des Wassers die gegen das Rohrinnere gerichtete Auftriebskraft der Dampfblasen verstärkt wurde. Dieser Kessel wird mit Kondensat gespeist.

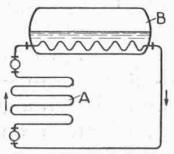


Abb. 1. Schmidt-Kessel, Schema.
A Heizgasberührte Bohrschlangen,
B Isolierte, indirekt beheizte Verdampfertrommel.

Abb. 1 zeigt den Hochdruckdampfkessel von Schmidt. Bei diesem wird indirekte Heizung angewendet. In einem abgeschlossenen Rohrsystem zirkuliert dauernd das gleiche, reine, unter hohem Druck stehende Wasser. Dieses wird im Heizsystem des Feuerraumes erhitzt und gelangt allein durch die natürliche Zirkulation in die ausserhalb des Feuerraumes in der isolierten Verdampfertrommel liegende Rohrschlange, wo es die Wärme an das umgebende Wasser abgibt und dieses verdampft. Der Verdampfungsvorgang findet also ausserhalb der feuerberührten Heizflächen statt, wodurch diese von Inkrustierungen freigehalten werden. Die Speisung erfolgt bei diesem Kessel meistens mit chemisch gereinigtem Wasser.

In Abb. 2 ist ein schematisches Bild des *Löffler-Kessels* gegeben. Bei diesem wird ebenfalls indirekte Heizung angewendet, jedoch ist das wärmeübertragende Medium nicht Wasser, sondern überhitzter Wasserdampf. Von der aus dem Ueberhitzer austretenden Dampfmenge dient nur $^1/_3$ bis $^1/_4$ als Nutzdampf; der Rest strömt durch Düsen in die unter etwas geringerem Druck stehende unbeheizte und isolierte Verdampfertrommel, in der sich der Dampf mit dem umgebenden Wasser vermischt und dieses durch Abgabe seiner Ueberhitzungswärme verdampft. Der entstehende Sattdampf wird durch eine Umwälzpumpe angesaugt und zur Ueberhitzung in das durch die Feuergase beheizte Rohrsystem gedrückt. Bei diesem Verfahren ist die Zirkulation infolge der Anwendung einer Umwälzpumpe zwangläufig. Die Speisung erfolgt auch hier zum mindesten mit chemisch gereinigtem Speisewasser.

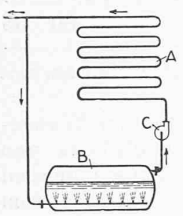


Abb. 2. Löffler-Kessel.
A von Heizung berührte Rohrschlangen;
B Isolierte Verdampfertrommel mit Einspritzdüsen für Heissdampf;
C Umwälzpumpe.

Abb. 3 zeigt das Schema des *Benson-Kessels*. Bei diesem wird die Bildung von Dampfblasen dadurch vermieden, dass das Wasser bei kritischem Druck (225 at) in Dampfform übergeführt wird. In diesem Zustand sind Wasser und Dampf nicht mehr von einander zu unterscheiden. Der sehr hoch gespannte Dampf wird auf den Gebrauchsdruck gedrosselt, wobei die Temperatur sinkt; nach der Drosselung wird der Dampf nochmals überhitzt. Der Kessel besteht aus einem trommellosen Schlangensystem von parallel geschalteten Rohren, die in bestimmten Abständen durch Kollektoren miteinander verbunden sind. Das Wasser wird durch dieses System hindurchgepumpt. Zur Speisung wird meist Kondensat verwendet.

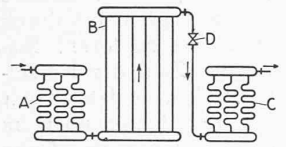


Abb. 3. Benson-Kessel.
A Vorwärmer-Rohrgruppe;
B Strahlungsteil;
C Ueberhitzer-Rohrgruppe;
D Drosselventil.

Zu den vorbeschriebenen Sonderkonstruktionen kommt als neueste die von Gebr. Sulzer in den letzten Jahren entwickelte, als *„Sulzer-Einrohr-Dampferzeuger"* benannte Bauart. Die hauptsächlichsten Gründe, die die Entwicklung dieser Sonderkonstruktion veranlassten, waren folgende: Es hat sich gezeigt, dass neben den anfänglich aufgetretenen betriebstechnischen Schwierigkeiten besonders die hohen Kesselpreise der Einführung von sehr hohen Drücken hinderlich waren, da diese die grössere Wirtschaftlichkeit der Hochdruckanlagen in Frage stellten. In dieser Beziehung sind die Hochdruckkesselbauarten, die eine Trommel besitzen, infolge der hohen Kosten für diese Trommeln im Nachteil. Das gleiche trifft auch für die Systeme mit indirekter Beheizung zu, da bei diesen die Gesamtheizfläche grösser, also teurer wird als bei den Systemen mit direkter Verdampfung. Es war somit eine möglichst einfache, trommellose und daher billige Bauart anzustreben, wobei die Forderung nach höchster Betriebsicherheit als selbstverständlich betrachtet wurde. Auch in dieser Beziehung weisen die bereits bestehenden Systeme zum Teil noch einzelne Mängel auf. Die bekannt gewordenen Erfahrungen mit den bisherigen Kesselbauarten konnten bei der Konstruktion des „Sulzer-Einrohr-Dampferzeugers" sinngemäss berücksichtigt werden. Ein Vorläufer des neuen Sulzer-Dampferzeugers ist der eingangs schon erwähnte in Amerika gebaute Kessel mit einem Rohr von etwa 30 m Länge und $^1/_4$" lichter Weite. Auch in Schweden wurden gegen Ende des vorigen Jahrhunderts einige solche Kessel gebaut; sie konnten sich aber wegen verschiedener damals noch ungenügend erkannter Mängel nicht behaupten.

Für die Konstruktion des Sulzer-Einrohr-Dampferzeugers, dessen Prinzip Abb. 4 zeigt, sind folgende Hauptgesichtspunkte massgebend gewesen:

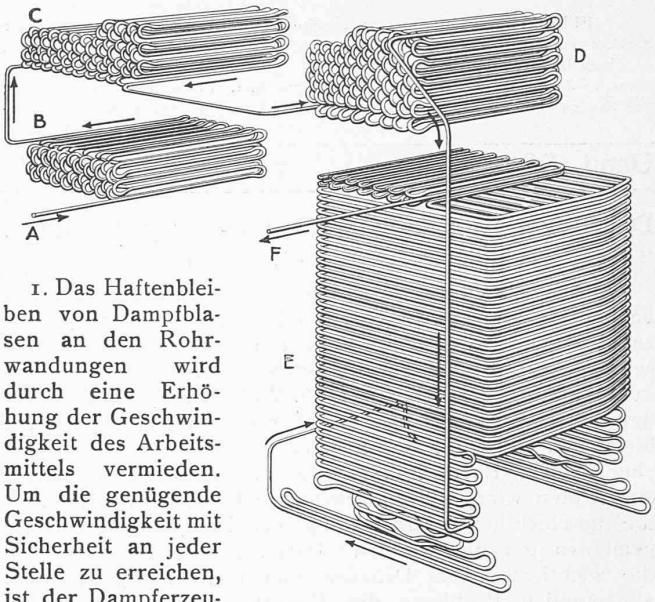


Abb. 4. Sulzer-Einrohr-Dampferzeuger.
A Speisewassereintritt; B, C, D Berührungsheizflächen; E Strahlungsheizfläche;
F Austritt des überhitzten Dampfes.

1. Das Haftenbleiben von Dampfblasen an den Rohrwandungen wird durch eine Erhöhung der Geschwindigkeit des Arbeitsmittels vermieden. Um die genügende Geschwindigkeit mit Sicherheit an jeder Stelle zu erreichen, ist der Dampferzeuger als einziges Rohr von grosser Länge ausgeführt, in das am einen Ende das Speisewasser eingepumpt wird und aus dem am andern Ende der Dampf in überhitztem Zustand austritt (Abb. 4). Durch die zwangläufige Strömung wird jedes Stagnieren von Dampf mit Sicherheit vermieden, d. h. das Wasser-Dampf-Gemisch jagt in der Verdampfungszone als Gischt durch das Rohr. Infolge der zwangläufigen Strömung ist man hinsichtlich der Anordnung des in vielen Windungen durch den Heizgasstrom geführten Rohres vollständig unabhängig von allen früheren Rücksichten auf die Zirkulation. Es lässt sich deshalb auch in jedem Fall eine günstige Anpassung an die besondern Verhältnisse erzielen.

2. Zur Speisung wird vorteilhaft Kondensat verwendet, da alle Erfahrungen mit den bisherigen Hochdruckkesseln gezeigt haben, dass das Kondensat immer noch das sicherste Mittel ist, um Ablagerungen an den Rohren in jedem Fall mit Sicherheit zu verhüten.

3. Infolge der Ausbildung des Dampferzeugers als einziges fortlaufendes Rohr werden die teuren Kesseltrommeln vermieden. Speichervermögen und Energie-Inhalt sind gering; es muss daher durch anderweitige Massnahmen dafür gesorgt werden, dass die Verdampfungsleistung sich genügend rasch den veränderten Betriebsverhältnissen anpasst. Dies erfolgt durch vollständig automatische Regelvorrichtungen, die den Dampfdruck und die Temperatur dauernd annähernd konstant halten und die zugeführte Speisewassermenge entsprechend der jeweiligen Feuerstärke einstellen. Je nach den Umständen wird auch die Feuerung automatisch beeinflusst, z. B. in Abhängigkeit vom Dampfdruck im Verbrauchsnetz oder bei Anlagen mit Niederdruckspeicher in Abhängigkeit vom Speicherdruck. Durch die Regelapparate, die mit selbsttätigen Sicherheitsvorrichtungen verbunden sind, wird die Bedienung des Dampferzeugers sehr vereinfacht, sie beschränkt sich lediglich auf die Ueberwachung der Regelvorrichtungen.

Auf Grund prinzipieller Erwägungen wurde ein einfacher Versuchs-Dampferzeuger ausgeführt, an dem eingehende, nun zum Abschluss gelangte Untersuchungen durchgeführt worden sind. Insbesondere sind verschiedene Rohranordnungen und eine Anzahl verschiedener Regelungsverfahren ausprobiert worden. Auf eine eingehende Beschreibung einer ganzen Anlage wird vorderhand verzichtet, dagegen mag erwähnt werden, dass der fortlaufende Rohrstrang eines Dampferzeugers von 10 t Stundenleistung eine Länge von rund 2500 m erhält.

In Abb. 5 ist eines der verwendeten Verfahren zur Regelung der Temperatur und der Speisewassermenge

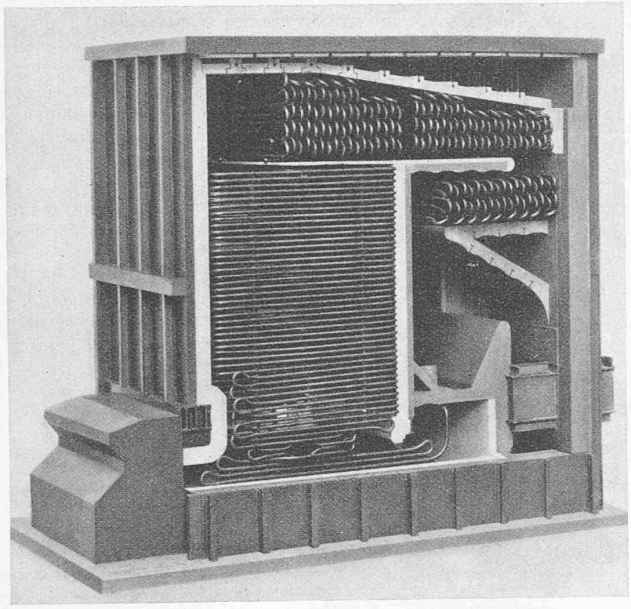

Abb. 7. Modell des Sulzer-Einrohr-Hochdruck-Dampferzeugers.

dargestellt und in Abb. 6 sind die bei einem Regelversuch erreichten Druck- und Temperaturkurven wiedergegeben. Der Einfachheit halber wurde der Versuchsdampferzeuger mit Oelfeuerung ausgerüstet, da diese den Vorteil einer so leichten Einstellbarkeit aufweist, dass grosse Aenderungen in der Beheizungsintensität vorgenommen und das entsprechende Verhalten der Regelung gut studiert werden kann. Der erzeugte Dampf wurde gedrosselt und im Sommerbetrieb, weil keine Verwendung dafür gefunden wurde, in einem Turbinen-Kondensator niedergeschlagen; im Winter hat man den gedrosselten Dampf zur Fabrikheizung beigezogen.

*Die Regelung* spielt sich wie folgt ab: Ein (im Schema Abb. 5 nicht eingezeichnetes) Druckregelventil hält den Dampfdruck am Dampfüberhitzeraustritt auf stets gleicher Höhe und vermeidet damit ein „Spucken" des Dampferzeugers. Die Speisewassermenge wird durch Drehzahlveränderung der Kolbenspeisepumpe automatisch der Feuerung entsprechend eingestellt. Durch diese Regelung wird zugleich eine Grobregelung der Dampftemperatur am Austritt des Dampferzeugers erzielt, die umso genauer ist, je langsamer sich die Stärke der Beheizung ändert. Bei raschen Belastungsänderungen würde diese Regelung allein, wegen der grossen Rohrlänge des Dampferzeugers, ungenügend sein. Es wird deshalb am Anfang des Ueberhitzers zur Temperatur-Feinregelung eine kleine Menge zusätzlichen Speisewassers eingespritzt. Sowohl Speisewassermenge als auch Einspritzwassermenge werden von dem gleichen Organ, dem Temperaturempfänger 1 am Ueberhitzungsaustritt beeinflusst; dieser Temperaturempfänger verändert den Oeldruck im System 2 proportional der Temperatur des durch das Thermostatrohr 3 strömenden Dampfes. Durch den Addierschieber 4 wird dem Oeldruck im System 2 ein zugleich von der Spannung der Feder 5 beeinflusster Oeldruck im System 6 zugeordnet; dieser wirkt bei 7 auf das Steuerorgan des Servomotors 8, durch dessen Kolbenstellung die Drehzahl der Speisepumpe 9 und damit deren Fördermenge bestimmt wird. Ferner beeinflusst der Oeldruck im System 6 das Steuerorgan 10 des Servomotors 11, der die Menge des Einspritzwassers regelt. Die Hebel 12 und 13 führen die Steuerkölbchen in ihre Mittellage zurück. Da sich infolge der starren Rückführungen bei grosser Verdampfungsleistung des Dampferzeugers eine höhere Temperatur als bei kleiner Leistung einstellen würde, ist zur Elimination dieser Erscheinung, d. h. zwecks genauer Konstanthaltung der Temperatur im Beharrungszustand auch bei verschiedenen Beastungen ein Isothermregler vorgesehen, der aus dem Steuerschieber 14 und dem Servomotor 15 besteht. Der Steuerschieber 14 befindet sich nur bei der nominellen Dampftemperatur in der Mittellage; bei jeder Abweichung davon kann Oel durch die Drosselstelle 16 zum Servomotor 15 zu- oder davon abfliessen. Durch die Lage des Servomotorkolbens wird jedoch die zusätzliche Spannung der Feder 5 und damit der Oeldruck im System 6 beeinflusst. Da der Servomotorkolben solange in Bewegung ist, als die Dampftemperatur vom Sollwert abweicht, wird auch der Oeldruck im System 6 solange verändert, bis Speisewasser- und Einspritzwassermenge so gross sind, als für die genaue Einhaltung der Dampftemperatur erforderlich ist.

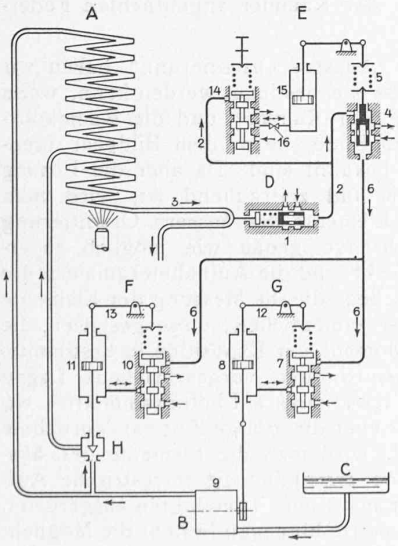


Abb. 5. Schema der Temperatur- und Speisewasser-Regelung des Sulzer-Einrohr-Versuchsdampferzeugers. A Dampferzeuger; B Kolbenspeisepumpe mit regelbarer Drehzahl; C Speisewasser; D Temperatur-Empfänger; E Isothermregler; F Temperatur-Regler; G Speisewasser-Regler; H Einspritzventil.

Die mit dem beschriebenen Regelverfahren erreichten sehr günstigen Resultate gehen aus dem Verlauf der Kurven in Abb. 6 hervor. Die Belastungsänderungen wurden durch plötzliches Verstellen der Drehzahl der Brennstoffeinspritzpumpe vorgenommen. Im Diagramm sind die pro Stunde zugeführten Brennstoffmengen eingetragen; die Verdampfungsleistung des Dampferzeugers ist diesen Brennstoffmengen angenähert proportional. Das Diagramm zeigt, dass bei einer Vergrösserung der Heizölzufuhr um 50 % die Temperatur nur um rd. 20° ansteigt. Nach Ablauf von etwa 20 Minuten hat sie wieder den früheren Wert erreicht. Eine Verkleinerung der Brennstoffmengen um rd. 17 % ergibt eine ebenfalls blos vorübergehende Senkung der Temperatur von etwa 20°. Der Dampfdruck bleibt dabei praktisch genommen vollständig konstant.

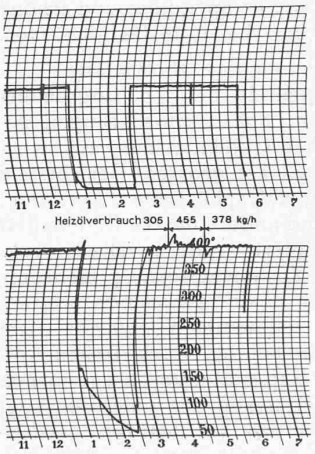


Abb. 6. Druck- und Temperaturverlauf bei einem Versuch mit dem Sulzer-Einrohr-Hochdruck-Dampferzeuger. Oben: Druckverlauf bis 90 at (von 12.55 bis 14.30 h Dampferzeuger abgestellt). Unten: Temperaturverlauf.

Auf Grund der sehr günstigen Ergebnisse mit dem neuen Dampferzeuger haben Gebrüder Sulzer schon zwei Bestellungen erhalten und zwar eine für einen Dampferzeuger von 8 t Stundenleistung für eine Textilfabrik und die zweite für einen Dampferzeuger von 18 t/h Normalleistung; der Druck beträgt in beiden Fällen 100 at. Der grössere Dampferzeuger ist für ein Fernheizwerk in Zürich bestimmt, das die Technische Hochschule, ein Spital und einige umliegende Häuserblöcke heizen soll.[1]) — Die Abb. 7 zeigt den Schnitt durch das Modell eines solchen Sulzer-Einrohr-Dampferzeugers.

[1]) Vergl. „S. B. Z." Band 93, Seite 46 (26. Januar 1929) mit Plan, ferner Band 96, Seite 236 (1. November 1930) mit Plänen. Red.