

Neuere Ausführungen von Radialkompressoren

Autor(en): **Zumstein, Albert**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **75 (1957)**

Heft 16: **Schweizer Mustermesse Basel, 27. April bis 7. Mai 1957**

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-63341>

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.

grösste Zugkraft auf Zugvorrichtung ~ 30 t. Die zulässige Spannung für Feralsin 52 wurde dabei gemäss S. I. A.-Normen (1951) zu 2100 kg/cm^2 angenommen. Nach Beendigung der Schweissarbeiten wurden alle Brücken in grossen Glutöfen spannungsfrei gegläht. Obwohl die vier Brücken und die beiden Tragschnäbel zusammen 46 t wiegen, sind sie im Vergleich zu ihrer grossen Tragfähigkeit ausgesprochene Leichtbaukonstruktionen.

Besondere Sorgfalt wurde der Ausbildung der beiden grossen Drehpfannen gewidmet, die ausser der Vertikallast von je 150 t auch die Zug- und Stosskräfte übertragen müssen. Die 426 kg schweren Stahlgusskugelpfannen liegen im Oelbad auf einer in der grossen Hilfsbrücke eingebauten, zweiteiligen Wangenführung. Sie können mittels einer elektro-hydraulischen Verschiebevorrichtung von der Mittellage aus auf beide Seiten um je 35 cm verschoben werden. Das Drucköl für die teleskopischen Verschiebezylinder wird von einer elektrisch betriebenen Vierkolben-Radialpumpe geliefert. Der Verschiebevorgang von der Normalstellung in die Endlage dauert etwa drei Minuten. Für den Störfall ist eine Handpumpe angebaut. Die Pumpenaggregate und die für ihre Steuerung nötigen Organe wie Vierwegkolbenschieber, Halteventil, Sicherheitsventil, Oelstand und Manometer sind auf den beiden Kommandoplattformen über den grossen Hilfsbrücken in je einem Steuerblock zusammengefasst.

5. Zubehörteile und Verschiedenes

Die Kommandostelle ist mit der Lokomotive und dem Beobachtungsposten auf der gegenüberliegenden Plattform durch Sonnerieanlagen verbunden. Sobald ein Hindernis gesehen wird, das den das normale Fahrzeugprofil überragenden Transport gefährden könnte, kann der Transportleiter dem Fahrpersonal durch vereinbarte Läutezeichen die nötigen Befehle erteilen.

Da die Fahrten hauptsächlich in der verkehrssarmen Nachtzeit stattfinden, sind auf beiden Beobachtungsplattformen je sechs beweglich montierte Scheinwerfer angeordnet, mit denen alle das Fahrzeugprofil überschreitenden Ladungsteile hell beleuchtet werden können.

Die elektrische Energie für die Scheinwerfer und die Verschiebevorrichtung wird von einem mittels VW-Motor betriebenen Notstromaggregat geliefert. Es ist zusammen mit den übrigen Gerätschaften in einem besondern Begleitwagen untergebracht, der dem Begleitpersonal auch als Unterkunft dient.

Weil vorläufig pro Jahr nur wenige Transporte von grossen Turbostatoren auszuführen sind, haben die SBB im Sinne einer möglichst guten Ausnutzung des Wagens drei Ladebrücken bestellt, die mit den sechs Drehgestellen des Schwertransportwagens zu drei sechssachsigen Tiefladewagen zusammengestellt werden können. Für den Transport von schweren und sperrigen Gütern, die nicht wie die erwähnten Turbostatoren als selbsttragendes Element in die Tragvorrichtung eingebaut werden können, wird ferner der Bau eines besondern Tragkorbes geprüft.

Da der auf den meisten europäischen Bahnnetzen zulässige Achsdruck von 20 t nicht wesentlich überschritten wird, sind dem Einsatz des Wagens nur wenige Einschränkungen auferlegt. So müssen beispielsweise zum Befahren von Brücken zwischen die Lokomotive und den Schwertransportwagen einige leere Wagen hineingestellt werden, damit die konzentrierte Belastung nicht zu grosse wird. Zur Vermeidung zusätzlicher dynamischer Kräfte werden solche Kunstbauten mit stark verringerter Geschwindigkeit befahren.

6. Der erste Transport

Der Schwertransportwagen wurde im Februar 1957, kurz nach seiner Fertigstellung, erstmals für den Transport eines Stators zu einem von Brown Boveri gebauten Grossgenerator von Münchenstein nach Frimmersdorf (Rheinland) eingesetzt. Der samt den Transportdeckeln etwa 208 t wiegende Stator ist mittels hydraulischer Hebevorrichtungen von 6 Mann in nur einem Tag verladen worden.

Schon lange vorher hatten die Sachbearbeiter für ausserordentliche Transporte bei den Deutschen Bundesbahnen und den SBB alle nötigen Anordnungen erlassen und den Routenplan bereinigt. Die zu befahrenden Brücken waren schon früher sorgfältig auf ihre Tragfähigkeit untersucht worden. Alle Hindernisse in Tunneln, an Brücken und Signalmasten, bei Einbauten usw., die den Transport behindern konnten und denen durch seitliche Verschiebung der Ladung ausgewichen werden musste, wurden nebst anderen Spezialvorschriften wie z. B. Kreuzungsverbote in einer mehrseitigen Transportvorschrift vermerkt und zusammengestellt.

Wie aus dem Routenplan Bild 7 ersichtlich ist, konnte die Fahrt nicht über die direkte Strecke Basel SBB/DB—Mannheim—Köln geführt werden. Wegen der ungenügenden Tragfähigkeit der Rheinbrücke der Basler Verbindungsbahn war der Umweg von Basel SBB über Koblenz—Waldshut und rechtsrheinisch zurück nach Basel DB notwendig. Grosse Umwege waren auch in Mitteldeutschland nötig. Für die Strecke Münchenstein—Frimmersdorf, die in der Luftlinie gemessen rund 400 km beträgt, musste eine effektive Strecke von insgesamt 1035 km gefahren werden. Die Fahrgeschwindigkeit betrug bis 50 km/h. Sie musste auf Brücken, in Tunneln und bei Fahrt mit verschobener Last je nach den Verhältnissen bis auf Schrittempo herabgesetzt werden. Insgesamt waren über 50 Lastverschiebungen nötig. Nach sechstägiger Fahrt konnte die wertvolle Fracht dem Empfänger im Kraftwerk Frimmersdorf in einwandfreiem Zustand übergeben werden.

Der neue Wagen hat sich auf dieser seiner Jungfernfahrt in jeder Beziehung bestens bewährt. Dank der gelenkigen Verbindung der einzelnen Drehgestelle konnten die engsten Werkkurven von nur 50 m Radius anstandslos durchfahren werden.

Adresse des Verfassers: Dipl. Ing. H. Weber, Wahlackerstrasse 16, Zollikofen bei Bern.

Neuere Ausführungen von Radialkompressoren

DK 621.515.52

Von Ing. Albert Zumstein, Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich-Oerlikon

Die Maschinenfabrik Oerlikon hat während des Zweiten Weltkrieges eine Gasturbinen-Versuchsanlage gebaut, die nach dem Verfahren des offenen Systems arbeitet und deren Kompressor in neuartiger Weise mit radialer Luftströmung ausgebildet ist. Dieser zeichnet sich durch beachtlich hohe Wirkungsgrade und einen vorteilhaften Verlauf der Druck-Volumenkurve aus. Die Versuchsanlage und die mit ihr erzielten Betriebsergebnisse sind hier eingehend beschrieben worden¹⁾.

Die hervorragenden Eigenschaften der neuen Kompressorart gaben Anlass zur Weiterentwicklung im Sinne einer Anpassung an die Bedürfnisse grosser Druckluftanlagen. Hier stehen namentlich zwei Gebiete im Vordergrund, nämlich einerseits der Hochofenbetrieb, bei dem Luftdrücke von 2 bis $3,5$ ata benötigt werden, und andererseits der Bergwerkbetrieb,

SBZ 1948, Nr. 21, S. 291*

dessen Druckluftnetze unter 7 bis 10 ata zu halten sind. In beiden Fällen werden sehr beträchtliche Luftmengen benötigt, deren Förderung viel Energie erfordert. Möglichst hohe Verdichterwirkungsgrade sind daher von massgebendem Einfluss auf die tatsächlichen Gesteungskosten der benötigten Druckluft.

Bekanntlich ist der Energieumsatz im strömungstechnisch richtig durchgebildeten Laufrad eines Radialkompressors mit nur verhältnismässig geringen Verlusten verbunden. Dagegen bereitet eine verlustarme Umsetzung der bei Laufradaustritt vorhandenen kinetischen Energie in Druck und bei mehrstufigen Verdichtern eine ebenfalls verlustarme Zuführung der Luft von einer Stufe zur andern erhebliche Schwierigkeiten. Diese konnten beim Oerlikon-Kompressor in überzeugend einfacher Weise dadurch überwunden werden, dass die Luft unmittelbar nach Laufradaustritt in vier Spiralen mit an-

schliessenden Diffusoren strömt, die sich gleichmässig über den Radumfang verteilen und tangential an diesen gerichtet sind. Der Weg eines Luftteilchens von Radaustritt bis Diffusoreintritt ist kurz und gibt deshalb günstige Verhältnisse für die Druckumsetzung im kreisförmigen Diffusor. Der Bereich hoher Geschwindigkeit ist klein, und es treten in ihm keine nennenswerten Richtungsänderungen auf.

Mit der radialen Bauart von Oerlikon lassen sich hohe Stufendruckverhältnisse erzielen. Für die Ueberwindung hoher Druckverhältnisse kommt man deshalb mit wenig Stufen aus. Dies ermöglicht es, zwischen den Stufen reichlich Platz zu schaffen für eine strömungsgünstige Luftzuführung zu den Kühlern und Laufrädern. In einem Gehäuse kann mit einem aus zwei Lagern drehenden Rotor ein Druckverhältnis von 1:10 erzeugt werden.

Als bemerkenswertes Beispiel einer *Verdichtergruppe für Hochofenbetrieb* sei nachfolgend der auf den Bildern 1 und 2 dargestellte Maschinensatz beschrieben, der für die Société Métallurgique Espérance-Longdoz in Seraing bei Lüttich geliefert wurde und für eine maximale Fördermenge von 90 000 Nm³/h bei einem Enddruck von 2,5 ata gebaut ist. Zum Antrieb dient eine Oerlikon-Kondensationsturbine von 4720 PS.

Die Drehzahl bewegt sich zwischen 4075 und 5580 U/min. Das Gebläse ist zweistufig und von doppelflutiger Bauart. Diese ermöglicht höhere Drehzahlen und damit kleinere Durchmesser. Die zwei Saugstutzen mit den anschliessenden ersten Stufen befinden sich an den beiden Enden des Gebläses. Nach den ersten Stufen strömt die Luft durch Spiralen *S*, Diffusoren *D* und Ueberströmleitungen *T* gegen die Mitte der Maschine, wo sie in den zwei Laufrädern der zweiten Stufe weiter verdichtet und dann durch die Sammelleitungen *C* ins Netz gefördert wird.

Die vom Auftraggeber verlangten Fördermengen bewegen sich zwischen 70 000 m³/h und 90 000 m³/h bei einem Druck von 2 ata; ausserdem sollen 90 000 m³/h auch bei 2,5 ata abgegeben werden. Dank dem gewählten Dampfturbinenantrieb liessen sich diese Betriebspunkte durch Verändern der Drehzahl in den oben angegebenen Grenzen bei besten Wirkungsgraden erreichen. Auf dem Versuchsstand gelang es, den Bereich der Fördermengen von 60 000 bis 100 000 m³/h bei Drücken von 1,5 bis 2,5 ata zu erweitern, wobei die aus den Temperaturmessungen bestimmten adiabatischen Wirkungsgrade durchwegs über 80 %, für einen beträchtlichen Bereich sogar über 85 % lagen.

Der auf Bild 3 dargestellte *Bergwerkskompressor* mit elektrischem Antrieb versorgt das Druckluftnetz des Kohlenbergwerks André Dumont in Waterschei (Belgien).

Hauptdaten:

Antriebsleistung	4000 kW
Motordrehzahl	1500 U/min
Kompressordrehzahl	5100 U/min
Fördermenge	50 000 Nm ³ /h
Lufttemperatur	
am Eintritt	15 °C
Kühlwassertemperatur	
am Eintritt	25 °C
Luftdruck am Eintritt	1 ata
Luftdruck am Austritt	7 ata
Stufenzahl	5

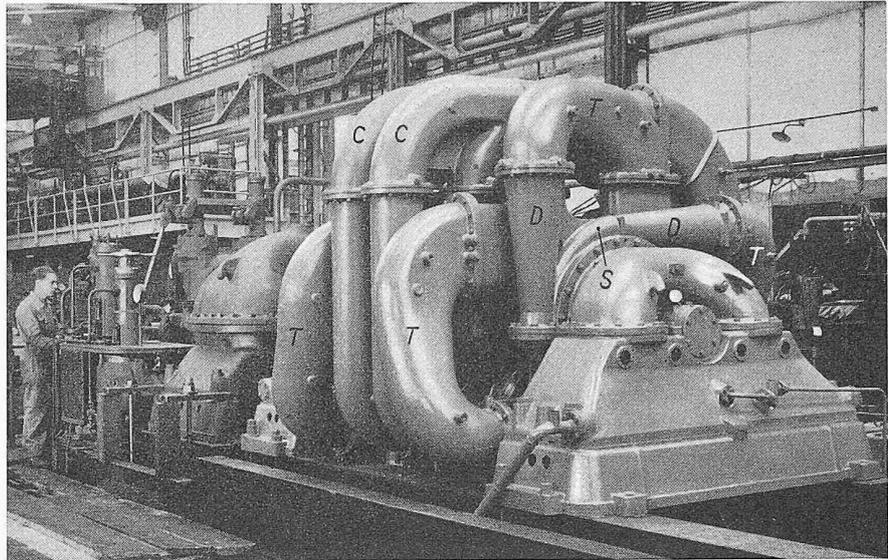


Bild 1. Zweistufiges, doppelflutiges Oerlikon-Hochofengebläse für eine Fördermenge von 70 000 bis 90 000 m³/h bei 2 bis 2,5 ata Enddruck, direkt gekuppelt mit einer Oerlikon-Kondensationsturbine von 4720 PS. C Sammelrohre für Druckluft der zweiten Stufe, D Diffusoren der ersten Stufe, S Spiralgehäuse, T Ueberströmrohre für die Druckluft von der ersten in die zweite Stufe

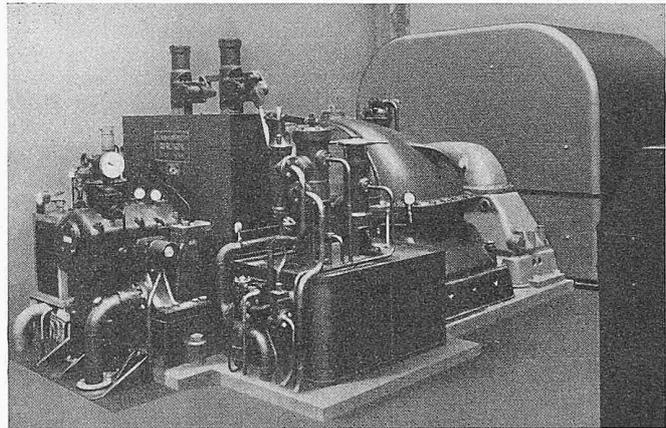


Bild 2. Ansicht der Gruppe von der Dampfturbinenseite. Im Hintergrund das Gebläse mit Blechverschalung

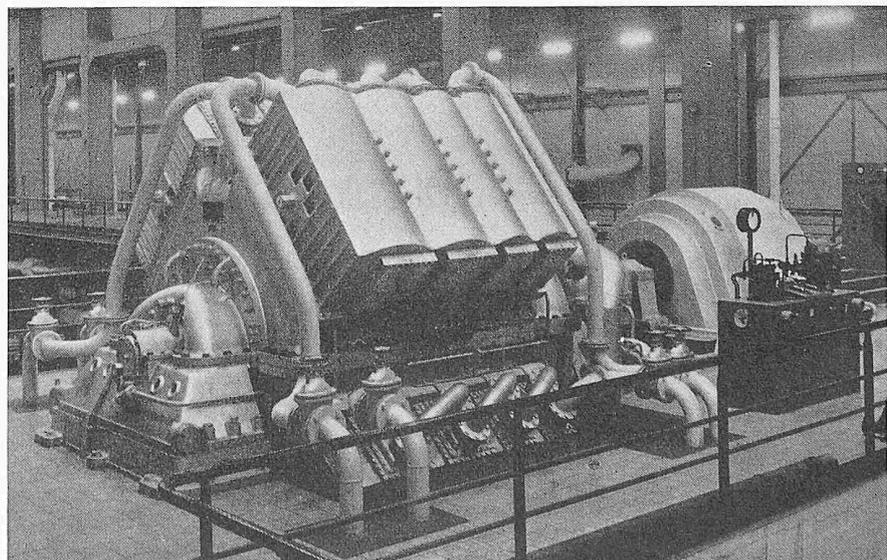


Bild 3. Fünfstufiger Oerlikon-Bergwerkskompressor für eine Fördermenge von 50 000 Nm³/h bei einem Enddruck von 7 ata, angetrieben über ein Zahnrad-Uebersetzungsgetriebe von einem Synchronmotor von 4000 kW

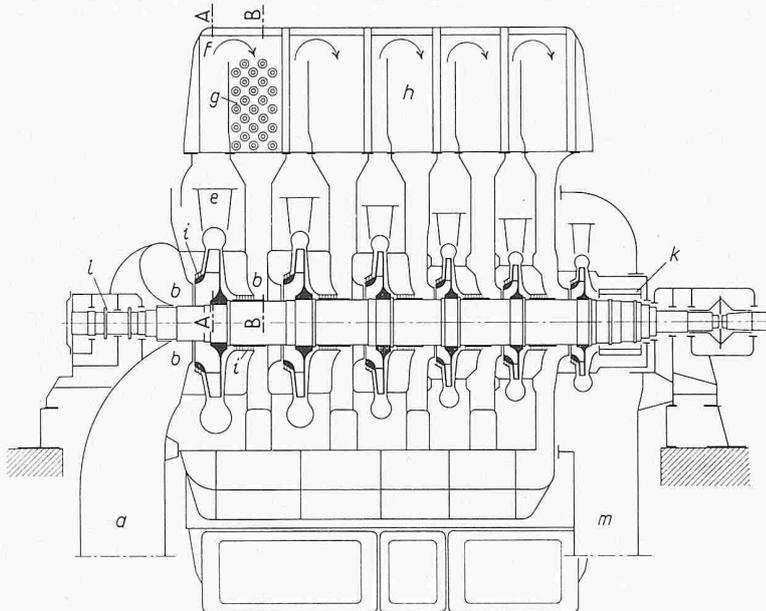


Bild 4. Schematischer Längsschnitt durch einen sechsstufigen Oerlikon-Bergwerkskompressor

Legende zu den Bildern 4 und 5

a Ansaugstützen
b Ansaugräume vor den einzelnen Laufrädern

c Beginn des spiralförmigen Gehäuseteils
d Ende des spiralförmigen Gehäuseteils: Diffusoranfang
e Ende des Diffusors

Bilder 4 u. 5 zeigen schematische Schnitte einer sechsstufigen Maschine. Der Luftweg wird durch die nach jeder Stufe eingebauten Kühlerbündel massgebend beeinflusst. Wie aus Bild 5 ersichtlich ist, sind am Umfang vier Zwischenkühlergehäuse *h* angeordnet. In jedem sind fünf Kühlerbündel *g* (Bild 4) eingebaut; zu jedem Diffusor jeder der ersten fünf Stufen gehört ein Kühlerbündel. Die Zwischenkühlergehäuse liegen unter 45° geneigt und ermöglichen somit leichten Ein- und Ausbau der Kühlerbündel. Die aus dem Diffusor austretende Luft strömt zunächst mit kleiner Geschwindigkeit nach aussen bis zum Punkt *f* (Bild 4), tritt dann in das aus Rippenrohren aufgebaute Kühlerbündel *g* ein, durchströmt dieses von aussen nach innen und gelangt, wie aus der unteren Hälfte von Bild 5 ersichtlich, in radialer Richtung in das Laufrad der nächstfolgenden Stufe. Da luftseitig grosse Querschnitte zur Verfügung stehen und die Wege kurz sind, ergeben sich geringe Druckverluste. Wegen diesen kleinen Druckverlusten ist das Abführen der Verdichtungswärme nach jeder Stufe leistungsmässig von grossem Nutzen. Der Verdichtungsprozess nähert sich daher der Isotherme. Bei derartigen Kompressoren können folglich isothermische Wirkungsgrade von über 70 % erzielt werden.

Die Fördermenge muss bei Hochofenbetrieb unabhängig vom Widerstand der Ofenfüllung konstant sein. Der dazu notwendige Mengenregler erhält als Impuls den Differenzdruck von einer in der Saugleitung eingebauten Blende. Steigt der Widerstand des Hochofens, so nimmt die Fördermenge des Gebläses ab, und der Mengenregler kommt wegen dem kleineren Differenzdruck aus dem Gleichgewicht. Er beeinflusst dadurch ein Ölregelventil derart, dass der Regulieröl-Druck der Dampfturbinenregelung steigt. Die Dampfventile öffnen und damit steigt die Drehzahl, bis die am Mengenregler eingestellte Sollmenge wieder erreicht ist. Als Rückführung des Mengenreglers dient der Regulieröl-Druck, in dem er dem Differenzdruck entgegenwirkt. Umgekehrt ist die Wirkungsweise der Regulierung bei sinkendem Widerstand der Ofenfüllung. Mit dem Mengenregler ist ein Drehzahlregler parallel gestaltet, der die Regulierung erst bei der maximal zulässigen Drehzahl des Gebläses übernimmt, indem er dann als Sicherheitsregler wirkt.

Für die Bergwerkskompressoren muss der Förderdruck unabhängig von allen vorkommenden Lastschwankungen oder Aenderung der Rohrwiderstände auf einem einstellbaren Sollwert konstant bleiben. Er wirkt auf einen Druckregler. Bei konstanter Antriebsdrehzahl steuert das Regulieröl des Druck-

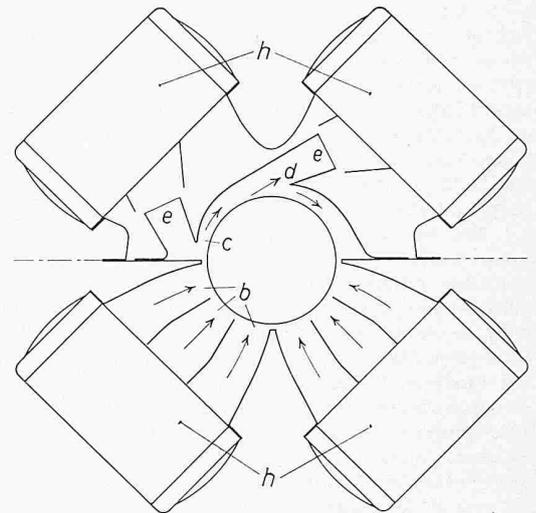


Bild 5. Schematischer Querschnitt durch den Kompressor Bild 4; obere Bildhälfte: Schnitt A-A durch die Diffusoren; untere Bildhälfte: Schnitt B-B durch die Luftzufuhrkanäle

T äusseres Ende der Luftkanäle
g Rippenrohr-Kühlerbündel
h Kühlergehäuse für je fünf Kühlerbündel

i Labyrinth-Abdichtungen der Laufrad-Scheibe und der Welle
k Ausgleichkolben
l Kammlager
m Austrittsstützen

reglers eine Drosselklappe in der Saugleitung. Bei steigendem Förderdruck wird durch Schliessen dieser Drosselklappe die Fördermenge herabgesetzt, bis der Förderdruck den eingestellten Sollwert wieder erreicht hat. Bei fallendem Förderdruck ist die Wirkungsweise umgekehrt.

Jeder Turbo-Druck-Erzeuger besitzt eine Pumpverhütungsregelung. Diese hat, wie schon die Bezeichnung sagt, die Aufgabe, das Auftreten des Pumpens, welches sich beim höchsten Punkt der Druck-Volumen-Kennlinie einstellt (Pumpgrenze), von vornherein zu verhindern. Dies geschieht z. B. durch sinngemässes Betätigen eines Ausblaseventiles, durch das ein Teil der geförderten Luft aus der Druckleitung ins Freie austritt.

Für die zwei beschriebenen Kompressoren hat der Pumpverhütungsregler zwei Impulse, nämlich den Differenzdruck einer Blende in der Saugleitung und den Förderdruck des Kompressors. Beide Impulse sind gegeneinander gerichtet. Bei normalem Betrieb ist die Fördermenge, welche von den Verbrauchern abgenommen wird, stets so gross, dass der Kompressor im stabilen Gebiet oberhalb der Pumpgrenze arbeitet. Dementsprechend überwiegt der Differenzdruck und der Regler hält das Ausblaseventil in seiner Schliessstellung. Fällt nun infolge irgendwelcher Umstände die Fördermenge in die Pumpgrenze, so beginnt der Förderdruck gegenüber dem Differenzdruck zu überwiegen. Der Regler öffnet das Ausblaseventil so weit, dass die Fördermenge wieder bis zur Pumpgrenzlinie ansteigt. Dann stellt sich wieder Gleichgewicht zwischen Differenzdruck und Förderdruck ein und das Ausblaseventil bleibt in der entsprechenden Stellung stehen.

WETTBEWERBE

Altersheim Buchsee in Köniz. Elf Entwürfe, vier Preise; Näheres folgt im nächsten Heft. Die Projekte sind noch bis Freitag, 26. April von 10 bis 20 h im Singsaal der Primarschule Buchsee am Lillienweg in Köniz ausgestellt. Karfreitag, Ostern und Ostermontag geschlossen.

Stadthausenerweiterung Schaffhausen. 29 Entwürfe, 6 Preise, 2 Ankäufe. Die Pläne und Modelle sind im Casino, Steigstrasse 26, Schaffhausen, noch an folgenden Tagen ausgestellt: Samstag 15-19 h, Ostermontag 10.30-19 h, Dienstag, 23. April 15-19 h.

Evangelisch-reformiertes kirchliches Zentrum in Sarnen. Sieben Entwürfe, drei Preise; näheres folgt im nächsten Heft. Die Ausstellung im Schulhaus Sarnen dauert bis 21. April.