

Hüttenwerks-Gebläse für unmittelbaren Antrieb durch Gasmotoren.

Ueber die neue Aufgabe, die dem Gebläsebau durch die in Aussicht stehende Einführung des Gasmotorenbetriebs in Hüttenwerken gestellt ist, habe ich meine Auffassung in einem Aufsätze in „Stahl und Eisen“ ausgesprochen, den ich mit einigen in den Rahmen dieser Schrift passenden Erweiterungen hier folgen lasse:

Die neuen und schwierigen Aufgaben des Berg- und Hüttenwesens waren von jeher die hohe Schule des deutschen Maschinenbaues, und nicht wenige seiner grossen Fortschritte sind auf Anregungen und Bedürfnisse der Berg- und Hüttenleute zurückzuführen. Auch manches Lehrgeld hatten diese für ihre Schüler und deren Leistungen zu bezahlen. Die hohe Stufe, auf der das deutsche Hüttenwesen gegenwärtig steht, verdankt es nicht zum geringen Theile der Mitwirkung der Maschinenteknik, die stets in grösstem Massstabe zur Lösung seiner schwierigen Aufgaben herangezogen wurde.

Das Jahrhundert ist zu Ende, in dem der Dampf Alleinherrscher war. Die Dampfbetriebe auf Hüttenwerken insbesondere gehören nach Leistung und nach Fortschritten zu den gewaltigsten in der ganzen Technik. Nun soll der mächtige Herrscher Dampf nicht bloß Mitregenten bekommen, sondern ganz vom Throne heruntergestossen werden und dem Kraftgas und modernen Energieformen Platz machen. Die Dampfkraft wurde ja schon wiederholt todtgesagt, insbesondere von Elektrikern. Eine nicht primäre Energieform kann aber die Dampfkraft wohl aus Einzelbetrieben verdrängen, in der Centrakraftstation behält sie jedoch erst recht die Oberhand. Kein Fortschritt in der Technik hat die Dampfmaschine so gefördert wie die Elektrotechnik mit ihrem Bedürfniss nach centraler Krafterzeugung.

Jetzt aber kommt die Zeit, wo die bekannten grossen Vortheile des Gaskraftbetriebes Ausnutzung verlangen. Die Entwicklung des Gasbetriebes war bisher sehr langsam, aber ansteigend, und nun bringt die Frage der Verwerthung der Gichtgase eine Wendung. Und doch ist die Gichtgasfrage nur eine Einzelfrage; es ist selbstverständlich, dass, wenn der Fortschritt im Betriebe von Gichtgasmotoren in grossem Massstabe erzielt wird, der Kraftgasbetrieb überhaupt die Oberhand gewinnen wird, denn die Kraftgaserzeugung ist kein schwieriger Theil der Aufgabe. Damit stehen wir im Beginn einer der grössten Umwälzungen des Maschinenbetriebes, die sich im Hüttenwesen vollziehen wird und vollziehen muss, weil der treibende Wunsch nicht Neuerungssucht, sondern das nothwendige Bestreben

ist, wirthschaftlich vorteilhafter zu arbeiten, ein Bestreben, dem gerade das deutsche Hüttenwesen in allen seinen Zweigen seinen grossartigen Aufschwung verdankt. Diese Umwälzung muss dann auch mächtig auf alle anderen Betriebe zurückwirken, bei denen der Dampfbetrieb durch einen wirthschaftlich besseren ersetzt werden kann.

Vor einem Vierteljahrhundert gab es nur ausnahmsweise eine wirthschaftliche Kraftfrage. Der Dampfverbrauch spielte keine Rolle; die „Ueberhitze“ im Hüttenbetriebe, die Hochhofengase u. s. w. konnten mehr Dampf erzeugen als nothwendig war, und Dampfüberfluss als Nebenprodukt der Feuerungen war das Kennzeichen des damaligen Hüttenbetriebes. Selbst bei Bessemer-Stahlwerken, die überschüssige Feuer-gase nicht hatten und mit besonderer Kesselfeuerung arbeiten mussten, gab die Dampfwirtschaft wenig Anlass zu Verbesserungen. Erst Gasfeuerung und Regenerativöfen haben Wandel geschaffen und den vermeintlichen Gratsdampf in andere Beleuchtung gebracht. Die Folge war der Zwang, nunmehr bessere Dampfwirtschaft einzuführen. Jetzt wurden die thatsächlichen Dampfkosten ermittelt, einheitlicher Kesselbetrieb, hohe Dampfspannung, vollkommnere Dampfmaschinen, Centrakondensationen u. s. w. geschaffen und die Erfahrungen des Dampfmaschinenbaues benutzt.

So erhöhte sich allmählich das Ziel. Anfangs begnügte man sich mit theilweiser Ausnutzung der Gichtgase, dann verlangte man, diese Wärmequelle allein müsse für das ganze Hochofenwerk ausreichen, und neuestens wird gefordert, dass die Gichtgase auch das Stahlwerk mit Kraft versorgen oder grosse Kraftmengen für sonstige Zwecke abgeben, und dass dabei grosse Ersparnisse erzielt werden.

Damit ist die neue, grosse Aufgabe gestellt: die vollkommene Ausnutzung der Energie der Gichtgase, ihre unmittelbare Umsetzung in Betriebskraft und vortheilhafteste Verwerthung, eine Aufgabe, die die Maschinenteknik ohne den Umweg der Dampferzeugung lösen wird.

Die Gaskraftmaschine rückt damit in den Vordergrund; sie ist längst als ökonomisch vortheilhafte Kraftmaschine bekannt, sie wird aber für die neuen Aufgaben nicht bloß mechanisch zu vergrössern, sondern neuzugestalten sein. Einfach ist aber die Aufgabe nicht.

Die Gaskraftmaschine gehört zu den grossen Leistungen des deutschen Maschinenbaues, sie hat aber

der Dampfmaschine bisher wenig Abbruch gethan; im Grossbetriebe überhaupt keinen, obwohl sie seit fast 40 Jahren und in vollkommener Form seit drei Jahrzehnten bekannt ist und wärmetechnisch fast doppelt so vortheilhaft arbeitet wie die Dampfmaschine. Sie verschwindet trotz der Hunderttausende ausgeführter Gasmaschinen neben der Zahl und Grösse der Dampfbetriebe. Wärmetechnisch war schon die atmosphärische Gasmaschine von 1867 sehr vollkommen, aber maschinen- und betriebstechnisch mit ihrer fliegenden Zahnstange und beweglichen Kuppelung ein für Grossbetriebe unmögliches Ungeheuer. Der „geräuschlose“ Motor war zum Theil ein Rückschritt, der aber durch den späteren Fortschritt wieder wettgemacht wurde. Die Anforderungen, die gegenwärtig der Hüttenmann und namentlich der Grossbetrieb stellen muss, sind indess noch nicht erfüllt.

Unabänderlich gegeben sind die entscheidenden Eigenschaften des Kraftgases und seiner Verbrennungsprodukte, die hohe Verbrennungstemperatur, der hohe Arbeitsdruck, die unbequemen Eigenschaften der Verbrennungsprodukte, die Verunreinigungen im Arbeitscylinder im Gegensatz zum stets rein zu haltenden Dampfcylinder u. s. w.

Der Hüttenmann wird Anstoss nehmen an der Umständlichkeit des Viertaktmotors, an der Schwerfälligkeit der Konstruktion, an der Begrenzung der Leistungsfähigkeit, an der Nothwendigkeit, mit vielen Kraftcylindern arbeiten zu müssen, an der geringen Regulirfähigkeit. Der Hüttenmann muss verlangen, dass seine Maschinen allen Vorkommnissen gewachsen sind, ohne Gefahr auch gelegentlich das Doppelte des Gewöhnlichen leisten und so kräftig gebaut sind, dass sie auch bei Misshandlungen heile Glieder behalten, Bedingungen, die von den durchschnittlich sehr schwächlichen Gasmaschinen bisher nicht erfüllt wurden.

Dazu kommen noch andere Bedenken, die der Hüttenmann und jeder erfahrene Betriebstechniker geltend machen muss, z. B. die Geheimnisskrämerei der Erbauer von Gasmaschinen, die den Hüttenmann der Möglichkeit beraubt, sich selbst rasch zu helfen, statt die oft kostspielige Apothekerhilfe des Lieferanten in Anspruch zu nehmen.

Rasche Selbsthilfe ist bei allen Maschinen eine Lebensfrage, eine Forderung, die dem Hüttenmann höher steht als viele Prozente kalorischer Wirkung. Er kann die Forderung eines klaren, einfachen, ihm selbst in allen Einzelheiten verfügbaren Maschinenbetriebes nicht aufgeben.

Wenn eine Maschine am Montag früh — wo es erfahrungsgemäss am häufigsten geschieht — Schaden nimmt, so ist eine Rosskur, die sie Montag Abend wieder in Betrieb bringt, jedem gelehrten Doktor vorzuziehen,

da die Betriebsstörung fast immer viel mehr kostet, als die ganze Maschine und alle ihre Betriebsersparnisse.

Die Gasmaschinen, die jede Fabrik mit anderen Einzelheiten baut, die sie auf grund ihrer sauer erworbenen Erfahrungen als die allein richtigen beschwört, entsprechen bisher nicht allen Betriebsforderungen. Kommen hierzu, wie es jetzt der Fall ist, noch hohe Preise und Lieferzeiten von fast zwei Jahren, dann wird die Sache von vielen, auch nichttechnischen Gesichtspunkten aus schwierig und scheint die Zeit des Grossbetriebes für die Gasmaschinen noch keineswegs gekommen.

Die Gasmaschine harret noch des Konstrukteurs, der sie aus der überlieferten Form herausbringt und sie ohne Preisgebung des bisher Erreichten vervollkommnet. Das halte ich wohl für möglich. Es sind meines Wissens viele tüchtige Köpfe an der Arbeit, die sicher gelingen wird. Auch wird der deutsche Maschinenbau ausser den bisherigen noch mehrerer grösster Gasmaschinenfabriken bedürfen, um den Bedarf an grossen, leistungsfähigen Gasmaschinen zu decken.

Ausser den wirthschaftlichen Vortheilen wird der Hüttenbetrieb fordern: mindestens Zweitakt, bis zu 500 Pferdekraften in einem Cylinder, Regulirfähigkeit und Reparaturmöglichkeit wie bei Dampfmaschinen und, wenn auch nicht mehr im XIX. Jahrhundert, so doch im Beginne des XX., einen annehmbaren Preis. Auch auf Lieferzeiten von mehreren Jahren kann sich kein Hüttenmann einlassen. In solcher Frist macht die Technik Fortschritte, die das vor zwei Jahren Bestellte überholen.

Der Hüttenmann ist nicht konservativ. Die Gasverwerthung für Kraftzwecke wird in ihm einen energischen und mächtigen Pionier finden, aber die Maschinenteknik muss seine praktischen Betriebsbedingungen erfüllen.

Es ist ausdrücklich hervorzuheben, dass die Bedeutung des Gasbetriebes in Hüttenwerken nicht allein in der Ueberlegenheit der Gasmotoren hinsichtlich Wärmeausnutzung begründet ist, sondern ebenso in sonstigen grossen Vortheilen, die sie den Kraftbetrieben auf Hüttenwerken bringen würden.

Die weitverzweigten Dampfleitungen auf Hüttenwerken gehören zu den verlustreichsten Kraftleitungen. Ihr Wegfall würde allein jeder grösseren Hütte Ersparnisse bringen, gegen welche die Ersparnisse an den einzelnen Maschinen ganz verschwindend sind.

Ich habe in den letzten Jahren wiederholt die Gelegenheit gesucht, bei grösseren Betrieben festzustellen, welcher Aufwand für die Betriebsbereitschaft des ganzen Werkes: alle Leitungen und Maschinen unter Dampf, aber diese nicht in Gang, erforderlich ist, und wieviel der Leergang des ganzen Werkes an Arbeit verschlingt. Solche Versuche sind schwierig anzustellen, und die Gelegenheit dazu bietet sich nicht oft, sie sind auch un-

bequem und werden deshalb nicht gern zugelassen, obwohl es sich um Feststellungen handelt, auf grund deren sich Betriebsersparnisse von Millionen erzielen lassen. Die Versuche setzen voraus, dass an mehreren Sonntagen alle Maschinen ausser Betrieb oder im Leerlauf sind und alle Kessel und Rohrleitungen unter vollem Druck stehen. Auch sind mindestens 24stündige Versuche nothwendig, um sichere Ergebnisse zu erhalten.

Diese Ergebnisse waren bei den ersten Versuchen so haarsträubend ungünstige, dass sie unglaubwürdig erschienen, bis sie sich in wiederholten und gleichzeitig an vielen Orten gemachten Beobachtungen bestätigten. Namentlich die älteren Walzwerke ergeben einen riesigen Leergangsverbrauch. Wenn auch in neuerer Zeit vieles besser geworden ist, so ist doch auf diesem Gebiete die Kraftausnutzung auch gegenwärtig noch sehr mangelhaft.

Zu den ersten Versuchen solcher Art fand ich vor 15 Jahren Gelegenheit auf einem grossen amerikanischen Werke mit einem Maschinenbetriebe von etwa 18 000 Pferdekräften, bei einem Vertheilungsradius von durchschnittlich 1,2 km und einer grössten Vertheilungslänge von etwa 1,5 km. Das Ergebniss war: dass 65 % des durchschnittlichen Brennstoffaufwandes nur für den „Leergang“ der Anlage und nur 35 % für den Betrieb der ganzen Anlage erforderlich waren. Die Anlage hatte damals schon vorzügliche Maschinen, viel vollkommnere, als sie bei uns durchschnittlich in Hüttenwerken gefunden werden. Auf grund des schlechten Ergebnisses wurden Verbesserungen eingeführt, die der Dampfbetrieb zuliess, aber der grosse Leergangsverbrauch wurde dadurch nur um 8 % herabgesetzt.

Seither habe ich solche Versuche wiederholt ermöglicht. Leider muss ich mir versagen, Einzelheiten und Namen anzugeben. In allen untersuchten Fällen liegen die Fehler nicht in der Betriebsführung, sondern im System der Kraftvertheilung.

Bei einem der grössten deutschen Hüttenwerke erfordert die Betriebsbereitschaft die Heizung von 20 Dampfkesseln von je 30 qm Heizfläche. Die vorhandenen Dampfleitungen von zusammen 20 000 qm wärme-strahlender Fläche ergeben einen Wärmeverlust, der mit mindestens 2 kg Dampf für qm und Stunde zu veranschlagen ist.

Eine grosse Schachtanlage mit 18 Dampfkesseln bedurfte zum Leergang 11 vollgeheizte Kessel, zur Betriebsbereitschaft deren 5. Die grösste Leitungsentfernung über Tag betrug 300 m, unter Tag 620 m. Der Zustand der Maschinen und Leitungen war bei den grossen Maschinen musterhaft, bei den kleinen mangelhaft.

Bei einer Schachtanlage mit 12 Dampfkesseln erforderte der Leergang 60 %, die Betriebsbereitschaft 25 % des vollen Kraftbedarfs;

bei einer Fabrikanlage mit 15 Betriebskesseln und 2 grossen Maschinen, die nur absatzweise betrieben wurden, und einer verzweigten Dampfleitung für Nebenbetriebe: der Leergang 62 %, die Bereitschaft 25 %;

bei einem Walzwerk mit 2 Trios, Trägerreversirmaschine, 3 kleinen Walzenstrassen, den üblichen Hilfsmaschinen und Nebenbetrieben: der Leergang 70 %, die Bereitschaft 32 %;

bei einem Walzwerk für Kommerzeisen mit Hammerwerk und entfernt liegender Werkstätte, Lichtwerk, alles von mangelhafter Beschaffenheit: der Leergang 80 %, die Bereitschaft 44 % u. s. w.

Durchschnittlich ergab sich ein Aufwand von 20 % für die Betriebsbereitschaft und 50 % für den Leergang.

Zur Beurtheilung der Kraftverluste mag erwähnt sein, dass mit Ausnahme einiger Corliss-Dampfmaschinen und sonstiger neuer Maschinen alle kleinen und mittleren Betriebsmaschinen, mit ihrer Expansionssteuerung auf Null-Füllung eingestellt, bei offenem Dampfventil ohne weiteres anliefen. Maschinen mit Kolbensteuerung waren darin besonders prompt.

Das Verlustkonto der Kraftleitung in Hüttenwerken ist so gross, dass eine Unternehmung, die sich damit befassen würde, den Betrieb so umzugestalten, dass nur die Nebenverluste in der Kraftleitung vermieden werden, Millionen erwerben und den Hüttenwerken noch mehr Millionen ersparen würde.

Es ist aber ein Irrthum, anzunehmen, dass dies durch elektrische Kraftübertragung mit den jetzigen Mitteln ohne weiteres erreichbar sei. Die grossen Walzenzugsmaschinen elektrisch zu betreiben, ist eine bisher ungelöste Aufgabe. In der Weise, wie elektrische Kraftübertragungen von Elektrikern bisher durchgeführt wurden, als blosse Installationsgeschäfte, lassen sich die Aufgaben nicht lösen. Für Blockwalzwerke, grosse Reversirmaschinen, auch grosse Trios u. s. w. ist die Aufgabe wahrscheinlich nur mit hydraulischer Kraftübertragung lösbar.

Wassermotoren lassen sich so bauen, dass sie so wie Dampfmaschinen von Null bis zur vollen Füllung beliebig regulirt werden können, dass für jede Motorfüllung bei richtiger Regulirung annähernd derselbe günstige Wirkungsgrad erreicht wird und der Aufwand nur für die thatsächlich verbrauchte Kraft zu bestreiten ist, während alle anderen Motoren bei geringer Belastung oder Ueberlastung sehr unvortheilhaft arbeiten.

Ein bedeutender Anfang auf diesem Wege ist schon erfolgt in der Verdrängung der Dampfhämmer durch Schmiedepressen, in der Ausbildung zahlreicher hydraulischer Hebevorrichtungen und Werkzeuge u. s. w. Hier kommen die Vortheile der Eigenschaften des Kraftmittels, des unzusammendrückbaren Kraftwassers, zur Geltung, und auf diesem Boden werden sich auch grosse Hüttenmaschinen ausbilden lassen.

Die grossen Aufgaben, die die nächste Zeit bringen wird, sind:

die Betriebskraft für Hüttenwerke aus Abgasen oder Kraftgas unmittelbar in Gasmotoren zu erzeugen; gegebenenfalls das Kraftmittel — Gas — durch Verdichtung transportfähig zu machen;

die Gasmaschinen zur primären Krafterzeugung für den Hüttenbetrieb brauchbar auszugestalten, und

die Energie in elektrischen Strom oder in Druckwasser umzusetzen in den Fällen, wo Gasmaschinen nicht verwendbar sind.

Mit den überlieferten Mitteln lassen sich die neuen Aufgaben nicht lösen. Hier möge insbesondere gezeigt werden, wie die

Gebläsemaschinen mit Gasmotor-Antrieb

durch die neuen Anforderungen, die dieser Antrieb stellt eine vollständige Umgestaltung der seitherigen Gebläsekonstruktionen bedingen.

Im Hochofenbetriebe überwiegt der Gebläsebetrieb so stark alle anderen Nebenbetriebe, dass nur in Frage kommen kann, die Gebläsemaschinen durch Gasmotoren anzutreiben, die etwa überschüssige Kraft in elektrischen Strom umzusetzen und mit ihm Licht zu liefern und Nebenbetriebe zu versorgen.

Bei den Gebläsemaschinen mit Gasmotorenbetrieb kann nur der unmittelbare Antrieb in Frage kommen. Bei grossen Leistungen ist keine Zwischenübersetzung lebensfähig. Es wäre doch zu bedauern, wenn in unserer Zeit, wo alles, was niedrigere Betriebsgeschwindigkeit, umständliche Zwischenübersetzung u. s. w. bedingt, gründlich beseitigt wird und damit die grössten Betriebsvorteile geschaffen werden, im Hüttenbetriebe Lehrgeld für solche abgethane, veraltete Konstruktionen ausgegeben würde.

Ebenso ist es zu vermeiden, den Grossbetrieb in kleine Maschinen aufzulösen. Mit Einheiten von einigen hundert Pferdekraften kann dem Hüttenbetriebe nicht gedient sein; die Umständlichkeit des Betriebs und der Instandhaltung zahlreicher kleiner Maschinen würde einen grossen Theil der Vortheile des kalorisch besseren Gasbetriebs wieder aufzehren. Solange die Gasmaschine wegen ihrer Unvollkommenheit und unzureichenden Regulirfähigkeit in kleine Einheiten aufgelöst werden muss, ist sie für die Forderungen des Hüttengrossbetriebs noch nicht geeignet.

Unrichtig ist es auch, unmittelbaren Antrieb zwar auszuführen, aber wegen des Gebläses den Gasmotor langsam laufen zu lassen. Das hat man früher bei Pumpwerken gethan, die mit langsamlaufenden Dampfmaschinen betrieben wurden, und fast ein Jahrhundert lang hat man wahre Ungethüme von kostspieligen Maschinen bedächtig langsam ihre schweren Massen

bewegen lassen. Die Kraftverluste werden bei Gasmaschinen noch weit empfindlicher auftreten. Solche Maschinenungeheuer sind höchst betriebsunsicher, weil man ihre Theile nie ausreichend dimensioniren kann, ohne in unerschwingliche Kosten zu gerathen. Bei Gasmaschinen werden zudem die Wärme- und Kraftverluste unzulässig gross.

Der Hüttenmann hat, den modernen Maschinenbau zur Seite, nicht nothwendig, erst einen ähnlichen Umweg und einen Rückschritt hinter den jetzigen Gebläseantrieb zu machen.

Das Gebläse muss sich dem Motor, der bei normalem Gang rasch laufen muss, anpassen und nicht umgekehrt; sonst gehen wesentliche Vortheile des Gaskraftbetriebs verloren. Die grosse Verbrennungswärme im Gasmotor und die Eigenschaften der Verbrennungsprodukte sind derart, dass nur ein raschlaufender Motor am Platze ist.

Zu verbessern sind: auf Seite der Gasmotoren: die Massenbewegung und Einzelheiten der Maschinentheile, auf Seite der Gebläse gleichfalls die Massenbewegung und die Ventile. Alle übrigen Forderungen sind auf grund der Erfahrungen mit schnelllaufenden Dampfmaschinen und raschlaufenden Pumpen erfüllbar und laufen im wesentlichen auf richtige Bemessung der Triebwerkstheile, der der Abnutzung unterliegenden Theile und auf selbstthätige Armatur zur richtigen Betriebsführung hinaus. Diese Forderungen sind durch den gegenwärtigen Maschinenbau leicht zu erfüllen und führen nur in Einzelheiten zu anderen Konstruktionen als den bisher üblichen.

Die Forderung der unmittelbaren Kuppelung des Gebläses mit dem Gasmotor ist auch sehr leicht zu erfüllen, bedingt aber ebenfalls eine völlig veränderte Bauart.

Richtige Ausbildung der Gebläseventile erfordert: genügenden Durchgangsquerschnitt, geringen Durchflusswiderstand, geringe Masse, richtiges Spiel, d. i. widerstandsfreie rechtzeitige Eröffnung und ebensolchen Schluss.

Im Durchgangsquerschnitt leisten viele Gebläse des Guten zu viel, so viel, dass ein Theil der Ventile, mit denen Deckel und Cylinder vollgepfropft sind, überhaupt nicht funktionirt; hinsichtlich der bewegten Ventilmassen wird dagegen meistens zu wenig gethan. Zu grosse Masse ist der Hauptfehler der meisten Ventile und Ursache von Brüchen, insbesondere wenn sich die Ventile stossend schliessen, was bei selbstthätigen Ventilen die Regel ist.

Rechtzeitiger Ventilschluss wird in der Regel durch Belastungsfedern erzielt. Diese verursachen aber Widerstände und insbesondere auch das Flattern der Ventile, das am meisten zur raschen Zerstörung beiträgt. Leichte Ventile von geringer Masse, aber mit Federn

versehen, sind diesem Flattern und seiner zerstörenden Wirkung am meisten ausgesetzt. Das Flattern erzeugt eine vielfache Erhöhung der normalen Beanspruchung und zerstört schliesslich jedes Ventil. Es muss daher unbedingt verhütet werden.

In die Ueberlegung, ob nichts Besseres und erhebliche Steigerungsfähigkeit gegenüber den bisher ausgeführten Konstruktionen geschaffen werden könne, fiel die Konstruktionsidee des Herrn Professors Stumpf: die Gebläseventile rückläufig zu bauen, sodass sie sich gegen den Luftstrom in das Innere des Cylinders hinein öffnen, wobei sich dann der Zwangschluss durch den Windkolben ganz von selbst ergibt.

Diese neuen Ventile — über deren Einzelheiten im Abschnitt „Express-Kompressoren“ ausführlicher berichtet ist — bestehen aus einem gewöhnlichen Ventilteller mit Führungsrohr und Pufferkolben am zweiten Ende. Während der Verdichtung drückt die Luft auf den Pufferkolben, dessen Fläche grösser ist als die Ventilfläche, sodass sich das Ventil nach dem Cylinderrinnen öffnen muss. Der Eröffnungsdruck entspricht dem eines gewöhnlichen Ventils von der Fläche des Hilfskolbens minus Fläche des Ventils. Dieser Hilfskolben müsste ohnedies bei raschem Gang angebracht werden, um als Luftpuffer zu dienen. Es liegt daher gegenüber einem gewöhnlichen Ventil keine Komplikation vor. Um sanfte Berührung zwischen Ventil und Kolben zu erhalten, sind kurze Federn in den Kolben eingesetzt. Bei den Versuchen ergab sich, dass die Steuerung auch ohne diese Federn und bei beliebiger Einstellung derselben arbeitet, weil die Kolbengeschwindigkeit im letzten Theile des Kolbenwegs, um den es sich hier handelt, schon sehr gering ist.

Das Ventil arbeitet absolut stossfrei und geräuschlos, was sich folgendermassen erklärt: Die Eröffnung des Ventils geschieht gegen die Wirkung des oben erwähnten Luftpuffers, der sich bei den Abmessungen des Hilfskolbens von selbst als überreichlich gross ergibt. Die Pufferwirkung kann von aussen während des Betriebes durch eine Regulirspindel nach Wunsch verändert werden. Durch die Regulirspindel wird der Querschnitt des Verbindungskanals zwischen dem Pufferraum und dem Druckraum oder zwischen dem Druckraum unterhalb des Hilfskolbens und dem Raum oberhalb des Hilfskolbens der gewünschten Pufferwirkung entsprechend eingestellt. Durch diese Regulirung hat man den Hub des Ventils vollständig in der Hand; die Ventilerhebungs-Diagramme zeigen die Wirkung dieser Regulirvorrichtung bei verschiedenen Einstellungen deutlich. Die Eröffnung geschieht also lautlos gegen ein Luftkissen. Der Beginn der Schlussbewegung ergibt sich durch Anschlag des Ventils am Kolben. Dieser Anschlag ist kaum hörbar, auch wenn keine Feder in den Kolben eingesetzt ist, da die Kolben-

geschwindigkeit in diesem Zeitpunkte eine geringe ist. Das Aufsetzen des Ventils auf den Sitz geschieht ebenfalls vollkommen geräuschlos, indem das Ventil, der Kolbenbewegung folgend, sich naturgemäss mit der Geschwindigkeit 0 im Todtpunkte auf den Sitz aufsetzen muss. Hieraus ergibt sich im Zusammenhang mit der in den Erhebungs-Diagrammen nachgewiesenen Regelmässigkeit der Bewegung, die ohne irgend eine Spur von Flattern vor sich geht, das auffallend geräuschlose Arbeiten der Ventile, welches seinerseits wieder eine ausserordentlich grosse Lebenszeit der Ventile verspricht. Das stossfreie Arbeiten der Ventile erklärt auch die überraschende Steigerungsfähigkeit der Geschwindigkeit bis über 300 Umdrehungen in der Minute.

Um die Lebenszeit der Ventile und die Sicherheit des Betriebes nach Möglichkeit zu erhöhen, ist darauf Bedacht genommen, dass an den Ventilen keine Verbindung durch Gewinde, Niete u. s. w. vorhanden ist. Die Erfahrung hat gezeigt, dass diese Verbindungen vielfach nach kurzer Zeit locker werden und zu Betriebsstörungen Veranlassung geben. Es werden demnach die Ventile aus einem Stück weichem geschmiedeten Stahl von grosser Dehnung hergestellt.

Die Konstruktion lässt eine sehr gute Zugänglichkeit der Ventile zu, die durch Wegnahme einer kleinen Kappe ohne weiteres gegeben ist.

Diese Bauart versprach somit viele Vortheile: ein sehr widerstandsfähiges Ventil von geringer Masse, vorzügliche Führung, sehr vollkommene Pufferwirkung, Wegfall eines besonderen Steuerungsapparates, Vermeidung des Flatterns, Ermöglichung einer bisher nichterreichten Geschwindigkeitssteigerung. Da ich die Verantwortung für 5 grosse gleichzeitig zu bauende Gebläsemaschinen zu tragen hatte, konnte ich mich zur Anwendung der rückläufigen Ventile indess nicht entschliessen, ohne sie vorher erprobt zu haben.

Es wurde deshalb zunächst ein Luftkompressor von Borsig ausgeführt und im Maschinen-Laboratorium der Technischen Hochschule zu Berlin erprobt. Diese Erprobung ergab tadellose Funktion der Ventile bei der zu grunde gelegten normalen Umdrehungszahl von 120 Umdrehungen minutlich und auch bei einer Geschwindigkeitssteigerung bis zu 300 Umdrehungen minutlich noch vollständig geräuschlosen Gang.

Insbesondere wurde durch Versuche und durch besondere Ventilerhebungs-Diagramme nachgewiesen, dass bei keiner Geschwindigkeit und keiner Veränderung des Betriebszustandes irgend welches Flattern der Ventile eintrat; die Eröffnung der Ventile erfolgte immer gleichmässig.

Wichtig war es, durch Versuche festzustellen, ob die Funktion der Ventile und ihre Zwangschluss-Steuerung empfindlich sei und ob diese genau eingestellt werden müsse oder nicht. Es ergab sich jedoch bei den Ver-

suchen, dass bis zu einem ungesteuerten Spielraum von etwa 2% des Kolbenweges oder um ebensoviel vorzeitigen Schluss der Gang vollständig gleichmässig war, und dass die Genauigkeit der Einstellung keinen nennenswerthen Einfluss ausübte. Auch bei 300 Umdrehungen minutlich, auf die die Versuchsmaschine trotz ihrer schlechten Aufstellung gebracht werden konnte, war der Ventilschluss noch immer unhörbar und die Ventilerhebung ebenso gleichmässig wie bei langsamem Gange. Flattern der Ventile ist überhaupt bei keiner Gangart, auch nicht bei absichtlich herbeigeführter plötzlicher Aenderung des Betriebszustandes aufgetreten.

Der volumetrische Wirkungsgrad des Gebläsecyinders ergab sich zu 95%, der mechanische Wirkungsgrad der ganzen Maschine zu 37%, was für eine solche kleine Maschine sehr günstig ist. Die Betriebsführung war sehr einfach. Es stellte sich heraus, dass für die Schmierung aller Theile des Gebläsecyinders die Cylinderschmierung allein ausreichte. Die besondere Schmierung sowohl des Saugschiebers als auch des Druckventils konnte ganz beseitigt werden. Ueber diese Versuche ist unter „Express-Kompressoren“ ausführlich berichtet.

Damit war zwar eine genügende Grundlage für die Konstruktion der neuen Gebläsemaschinen gegeben; jedoch liess ich zunächst noch ein weiteres Versuchsgebläse bauen, um es mit genau demselben Ventil, welches für Donawitz und Eisenerz zur Verwendung kommen sollte, zu erproben. Diesem Ventil und überhaupt den wirklichen Betriebsverhältnissen entsprach der Gebläsecyinder.

Dieses Versuchsgebläse wurde im Maschinen-Laboratorium der Technischen Hochschule an eine liegende Antriebsmaschine angekuppelt und erprobt.

Die Abb. 67 zeigt die Dampfmaschine und auf ihrer Niederdruckseite, durch das Niederdruck-Gestänge un-

mittelbar angetrieben, den einfachwirkenden Versuchs-Gebläsecyinder.

Abb. 68 zeigt den Versuchs-Gebläsecyinder in der Hinteransicht und zugleich den Antrieb des Saugschiebers, sowie die Indizirvorrichtungen für den Cylinder und zur Entnahme von Ventilerhebungs-Diagrammen.

Es zeigte sich auch bei diesem Versuchscyinder geräuschlose, richtige Funktion des Ventils bei allen Geschwindigkeiten bis zu 120 Umdrehungen minutlich (mehr liess die Dampfmaschine nicht zu), und abermals ergaben sich musterhafte Erhebungsdiagramme und nicht das mindeste Flattern der Ventile.

Im einzelnen ist über diese Versuche mit dem Gebläsecyinder im Maschinen-Laboratorium der Königlichen Technischen Hochschule das Folgende zu berichten:

Der Versuchscyinder von 350 mm Durchmesser und 500 mm Hub wurde anstelle des Kondensators an die 100 pferdige liegende Verbundmaschine des Laboratoriums angekuppelt und durch die verlängerte Kolbenstange des Niederdruck-Dampfcylinders unmittelbar angetrieben. Während der Versuchsdauer wurde die Maschine mit freiem Dampfauspuff betrieben. Der Versuchscyinder hatte in seiner Mitte ein rückläufiges Druckventil, auf welches der Zwangschluss durch den Gebläsekolben übertragen wurde. Die Saugsteuerung erfolgte durch einen Drehschieber.

Die Versuche wurden zuerst mit einem leichten Ventil aus Aluminiumlegirung von 5 kg Gewicht durchgeführt. Die Steuerung wurde mit grosser Vorkompression eingestellt. Hierbei zeigte sich, dass der Gang bei geringem Druck, bis zu 0,1 Atm., und bei niedriger Umdrehungszahl nicht befriedigend war, sondern erst bei Winddruck von 0,3 bis 0,4 Atm. Bei noch höherem Betriebsdruck, bis 0,7 Atm., und höherer Geschwindigkeit, bis 70 Umdrehungen minutlich, arbeitete das Ventil

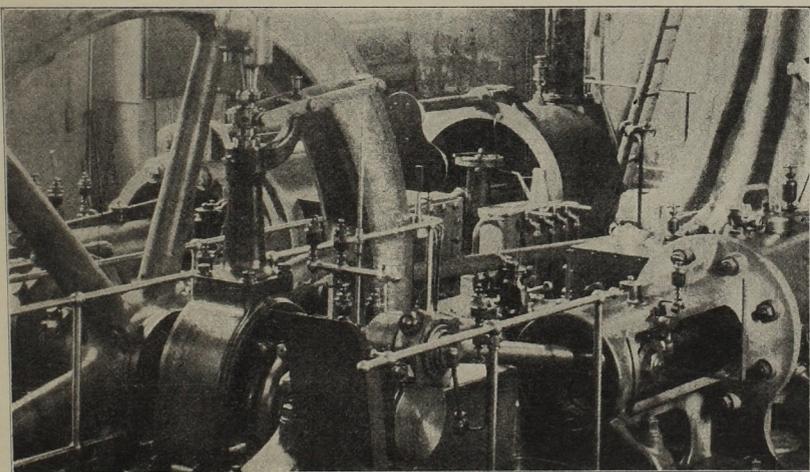


Abb. 67. Antriebs-Dampfmaschine.

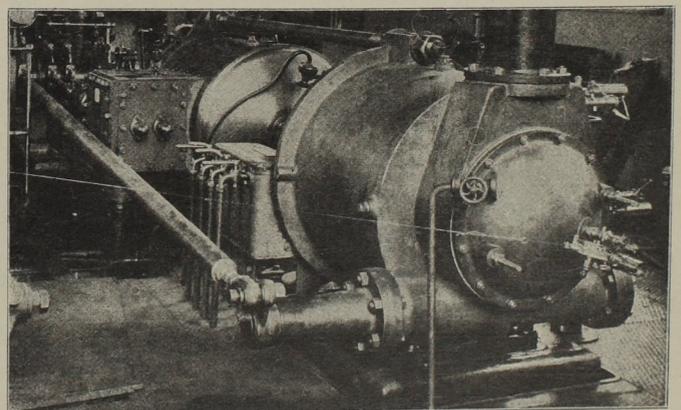


Abb. 68. Gebläsecyinder.

Versuchsgebläse im Maschinen-Laboratorium der Technischen Hochschule zu Berlin.

tadellos. Bei grösserer oder ganz geringer Umdrehungszahl öffnete sich das geschlossene Ventil wieder nach dem Hubwechsel. Aus diesen Ergebnissen wurde geschlossen, dass durch zu frühes Schliessen des Ventils im schädlichen Raume des Gebläses Ueberdruck entsteht, der durch den Druck auf den Pufferkolben das Ventil öffnet.

Die Steuerung wurde deshalb so eingestellt, dass das Ventil nicht auf seinen Sitz gedrückt wird, sondern ohne Voreilung der Steuerung im Todtpunkte eben den Sitz berührt. Hierbei arbeitete das Ventil tadellos, bei beliebigem Druck und bei allen, auch hohen Umdrehungszahlen, selbst dann, wenn die Steuerung mit Verspätung eingestellt wurde und es sich während des ungesteuerten Weges selbstthätig schliessen musste. Bei geringer Betriebsgeschwindigkeit hingegen erfolgte der selbstthätige Schluss des Ventils verspätet, sodass der Wind unter starkem Geräusch in den Cylinder und durch den Saugschieber zurückströmte. Bei Umdrehungsgeschwindigkeiten über 40 minutlich war dieses Rückströmen bei selbstthätiger Wirkung des Ventils meist nicht mehr bemerkbar.

Die Versuche wurden durchgeführt:

Mit Steuerung ohne Feder und bei Einstellung der Steuerung auf 16 mm ungesteuerten Spielraum. Hierbei war die metallische Berührung zwischen Ventil und Kolben etwas hörbar;

mit Steuerung unter Federeinschaltung und bei Einstellung der Steuerung auf 15 mm ungesteuertes Spiel des Ventils;

ebenso bei Einstellung auf 8 mm und auf 2,5 mm ungesteuerten Spielraum.

Bei dieser Einstellung begann der Ventilgang bei $n = 80$ und 0,5 Atm. Winddruck hart zu werden.

Mit Steuerung unter Federeinschaltung und bei Einstellung auf $1\frac{1}{2}$ mm ungesteuertes Spiel.

Die Berührung von Steuerkopf und Ventil und das dadurch bedingte feste Anhaften des leichten Ventils am Steuerkopf verursachte bei den Versuchen gelegentliches Wiedereröffnen des Ventils. Es wurden deshalb in die Berührungsflächen Nuten eingeschnitten, sodass der Luftdruck im schädlichen Raume und im Ventil rasch und ausreichend zum Ausgleich kam.

Mit $1\frac{1}{4}$ mm ungesteuertem Spiel. Dieser Versuch ergab tadellose Ventilfunktion bei beliebigem Druck und beliebiger Umdrehungszahl bis 120 minutlich.

Bei Einstellung auf Schluss vor dem Hubwechsel und $1\frac{1}{4}$ mm Kompression der Feder. Hierbei arbeitete das Ventil gleichfalls anstandslos bei allen Geschwindigkeiten.

Bei Einstellung auf $7\frac{1}{4}$ mm Kompression der Feder vor dem Hubwechsel. Die Ventilfunktion war tadellos.

Endlich wurden 3 weitere Versuchsreihen durch-

geführt mit Einstellung auf $2\frac{1}{2}$ mm Kompression, und hierbei wurden Diagramme am Cylinder und Ventilerhebungs-Diagramme aufgenommen bei Geschwindigkeiten von 40 bis 120 Umdrehungen in der Minute und Windpressungen von 0,1 bis 1 Atm.

Es ergab sich aus den Versuchen, dass das Wiederaufspringen des Ventils seine Ursache nur im Festhaften des Ventils am Kolben hatte, weil eine ausreichende Druckausgleichung zwischen dem Innenraum des Ventils und dem Cylinderraum nicht vorhanden war. Sobald diese hergestellt wurde, ergab sich tadellose Funktion der Ventile. Der ruhigste Gang zeigte sich bei Einstellung der Feder auf 2 bis 3 mm Kompression vor dem Hubwechsel. Jedoch ergab sich richtige Ventilfunktion auch noch bei ungesteuertem Spielraum bis 6 mm,

Das leichte Aluminiumventil hat sich hierbei vollständig bewährt.

In gleicher Weise wurden Versuche mit einem schweren Stahlventil (von 13 kg Gewicht) durchgeführt. Dieses ungewöhnlich grosse und schwere Ventil wurde absichtlich gewählt, um die Erprobung unter den ungünstigsten Verhältnissen anzustellen.

In das Ventil wurden von Anfang an 16 Nuten eingefeilt, um den sichern Druckausgleich zwischen Ventilinnerem und Windcylinder zu erhalten und jede Drucksteigerung im Innern des Ventils zu verhüten, und da wegen des grösseren Gewichts und der entsprechend grösseren Massenwirkung erhebliche Ventilwiderstände zu beherrschen waren, so musste die erforderliche minimale Federspannung ermittelt werden. Es erwies sich jedoch als vortheilhaft, das schwere Ventil, ebenso wie das leichte, ganz roh zu steuern bei beliebiger Einstellung zwischen 2 und 8 mm Vorspannung der Feder und entsprechendem Schluss vor dem Hubwechsel, die Bewegung des Ventils hingegen nur durch den Luftpuffer zu reguliren, und zwar durch eine Drosselschraube, die in ihn eingeschaltet wurde. Hierbei arbeitete das schwere Ventil bei allen Geschwindigkeiten bis zu 120 Umdrehungen minutlich und bei allen Windpressungen tadellos. Nur bei geringer Umdrehungsgeschwindigkeit zeigte sich Neigung zum Wiedereröffnen.

Die Ventilerhebungs-Diagramme, die an diesem Versuchsgebläse aufgenommen wurden, zeigen die Abb. 69—73, und zwar:

Abb. 69—71: für das leichte Ventil und Betriebsgeschwindigkeiten von 15 bis 100 Umdrehungen in der Minute,

Abb. 72 u. 73: für das schwere Ventil und Betriebsgeschwindigkeiten von 25 bis 75 Umdrehungen minutlich.

Die Ventile sind so gebaut, dass der Sitz, welcher für den Pufferkolben nothwendig ist, zugleich als Ventil-

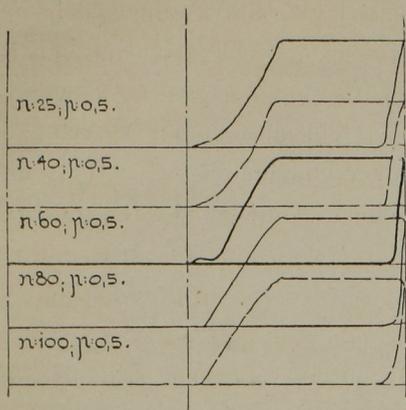


Abb. 69 (Aluminium-Ventil).

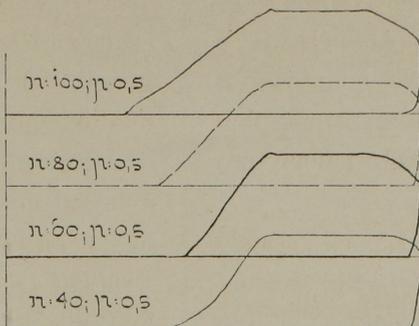


Abb. 70 (Aluminium-Ventil).

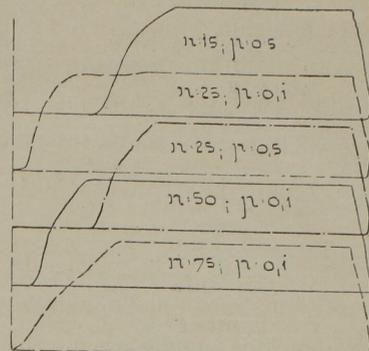


Abb. 71. (Aluminium-Ventil).

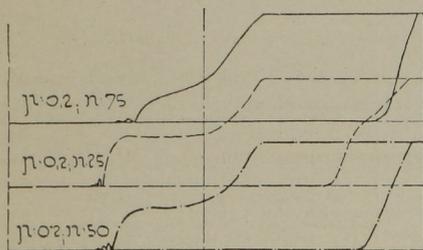


Abb. 72 (Stahl-Ventil).

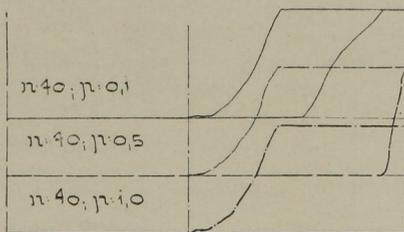


Abb. 73 (Stahl-Ventil).

Ventilerhebungs-Diagramme,
abgenommen am Versuchsgebläse
im Maschinen-Laboratorium der Königl. Technischen Hochschule zu Berlin.

sitz ausgenutzt ist, das Ventil somit zwei Sitzflächen und zwei Durchflussquerschnitte erhält und die obere Fläche zugleich als Puffer ausgebildet ist. Solche Bauart hatte den Vortheil, dass nur eine geringe Zahl von Druckventilen nothwendig ist, um einen bestimmten Durchflussquerschnitt zu erhalten.

Da aber die Zwangsschluss-Steuerung dieser rückläufigen Ventile vom Gebläsekolben aus so ausserordentlich einfach ist und keine beweglichen Steuerungstheile erfordert, und da die Versuche nachgewiesen haben, dass die Steuerung auch bei ganz ungenauer Einstellung, bei beliebiger Federspannung und auch ohne diese, selbst bei den sehr ungünstigen schweren Ventilen richtig funktioniert, so lag selbst für grosse Gebläse keine Veranlassung vor, wenige grosse Ventile auszuführen.

Auf grund dieser Versuche entschloss ich mich daher, anstelle der Doppelsitzventile einsitzige Gebläseventile mit Pufferkolben auszuführen und dafür die Zahl der Ventile zu vergrössern. Auch die Herstellung der Ventile in wenigen Normalgrössen und ihre Instandhaltung erschien hierbei viel einfacher als bei den grossen Ventilen, ebenso die Beschaffung der Reserveventile und die Ersatz- und Instandhaltungsarbeiten.

Es wurden deshalb für die Gebläse in Donawitz und Eisenerz einfache Ventile dieser Art ausgeführt. Es waren alsdann statt vier 8 Ventile nothwendig, was keinerlei Komplikation in der Ausführung ergab.

Die normale Anordnung der Ventile und ihrer Steuerung zeigt die Abb. 74.

Bei den raschlaufenden Gebläsen mit Gasmotor-Antrieb erschien es von vornherein am zweckmässig-

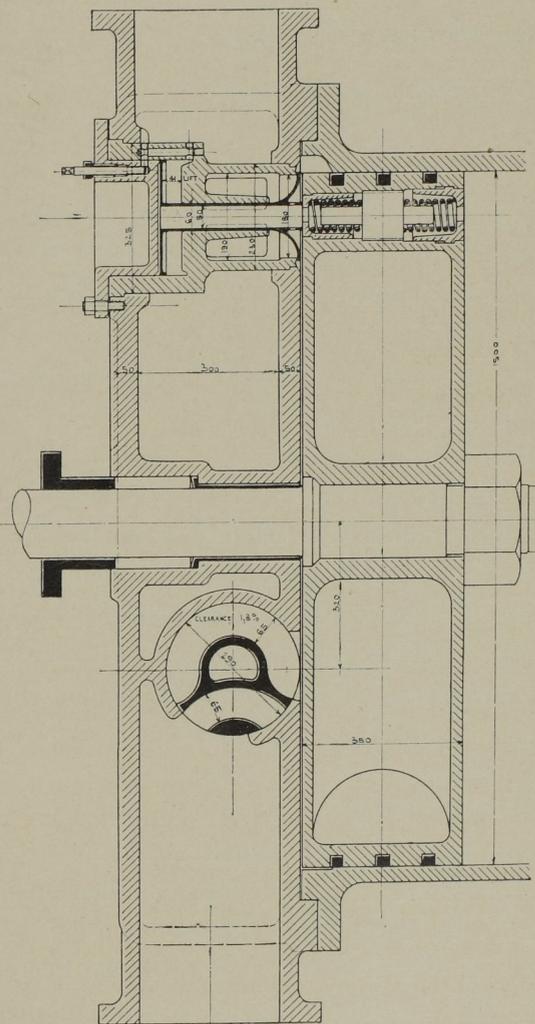


Abb. 74. Gebläsedeckel mit rückläufigen Ventilen.

sten, in erster Linie die bewegte Ventilmasse so klein als möglich zu gestalten, möglichst einfache Detailkonstruktion zu sichern und lieber die Zahl der Ventile zu vergrössern; auch diese Ventile wurden im Versuchsgebläse des Laboratoriums gründlich erprobt.

Die Anfrage bei verschiedenen deutschen Werken hat ergeben, dass die Herstellung solcher Ventile, aus einem Stück Flusseisen gepresst (Ehrhardt in Düsseldorf), sowie die Ausführung mit elektrischer Schweissung in beliebig geringer Wandstärke (Redenhütte) möglich ist. Ventile solcher Ausführung wurden im Versuchsgebläse erprobt.

Das Ziel aller dieser Versuche war: eine normale Ventilkonstruktion zu schaffen, die vollständig erprobt und bei Massenfabrikation so billig als möglich herstellbar ist, damit eine einheitliche Konstruktion zur Ver-

fügung steht und alle Gebläse einerlei Ventile in höchstens 3—4 Grössen besitzen, die Auswechslung also sehr erleichtert wird.

Durch die vorstehend beschriebenen rückläufigen Ventile waren nebenbei verschiedene Konstruktions- und Betriebsvortheile erreichbar, insbesondere geringer schädlicher Raum im Gegensatz zu den grossen toten Räumen, welche andere Konstruktionen unvermeidlich erfordern.

Mit diesen neuen Ventilen sind zur Zeit in Ausführung:

	Leistg. cbm	Pressg.	n	Hub	Windcyl.	Dampfcyl.	
1 Hochofengebläse für Donawitz	700	0,9	60	1300	2120	870 u. 1740	Maschinenfabrik der Oesterr.-Alp. Montangesellschaft
2 Hochofengebläse für Eisenerz	700	0,9	60	1300	2120	870 u. 1740	Maschinenfabrik der Oesterr.-Alp. Montangesellschaft
1 Hochofengebläse für Donawitz	700	0,9	60	1300	2120	870 u. 1740	E. Skoda, Pilsen
1 Hochofengebläse für Witkowitz	1450	0,9	65	1300	2400	1150 u. 2000	Breitfeld, Danek & Co., Prag
1 Stahlwerksgebläse für Haspe	500	2	65	1500	1300	1000 u. 1500	Siegener Maschinenbau-Anstalt
1 Stahlwerksgebläse für Kneuttingen . .	800	2,5	60	1700	1650	1300 u. 2000	Gutehoffnungshütte
1 " " " "	710	2,5	60	1600	1650	1300 u. 2000	Union, Essen a. R.
1 Hochofengebläse mit Gasmotor-Antrieb	550	2,5	90	750	1650		Sé Cockerill, Seraing
1 " " " "	550	2,5	135	500	1650		Deutzer Gasmotorenfabrik
u. zahlreiche Luftkompressionsmaschinen							

Durch die rückläufigen Ventile war nun infolge ihrer Einfachheit, ihrer sicheren Zwangsschluss-Steuerung und ihres sicheren flatterfreien Spiels und geringen schädlichen Raums das Mittel gegeben, raschlaufende Gebläse mit Gasmotor-Antrieb zuverlässig zu bauen. Es war nur nothwendig:

die Triebwerksmassen für raschen Gang und richtige Beschleunigung, für geringe Abnutzung u. s. w. zu bemessen, alle Theile nach den für raschlaufende Maschinen geltenden Grundsätzen zu bauen und in den Einzelheiten zu vervollkommen, andererseits die rückläufigen Druckventile in genügender Zahl in die Cylinderdeckel einzubauen und hierbei auf Erzielung einer einheitlichen, in allen Theilen erprobten Normalkonstruktion zu achten.

Die Hütte Friede in Kneuttingen hat sich entschlossen, mehrere Gebläsemaschinen mit Gasmotor-Antrieb und mit rückläufigen Gebläseventilen aufzustellen. Es wurde mit der Hütte eine Vereinbarung getroffen, wonach mit diesen Maschinen gründliche Erprobungen vorgenommen und deren Ergebnisse seinerzeit den Interessenten zugänglich gemacht werden sollen. Die Gasmaschinen waren jedoch schon vorher bestellt, eine bei Cockerill mit nur 30 Umdrehungen, eine zweite bei der Deutzer Gasmotorenfabrik mit 130 Umdrehungen minutlich, und es können infolgedessen die Vortheile der neuen Konstruktion leider nur bei der letzteren Maschine zur Geltung gebracht werden.

Ueber die Vorzüge und die Anordnung solcher Gebläse für Gasmotor-Antrieb sei noch das Folgende erwähnt:

Bei Anordnung der Gebläsecylinder wurde darauf gesehen, dass die schädlichen Hebelarme und Kraftmomente beseitigt werden.

Es sind deshalb alle Cylinder hoch, möglichst in der Mittelachse, gelagert, sodass von den Triebwerks- und Kolbenkräften nur einfache Schub- und Zugkräfte auf die Maschine und deren Rahmen übertragen werden, nicht aber die mächtigen Kraftmomente, die durch hochgelagerte Cylinder und nichtcentrische Kraftwirkung entstehen.

Solche Anordnungen sind für in Ausführung begriffene Gebläse dargestellt in den Abb. 75—90.

Abb. 75—83: Neues Stahlwerksgebläse für Haspe, ausgeführt von der Siegener Maschinenbau-A.-G. vorm. A. & H. Oechelhäuser in Siegen.

Windcylinder-Dchm. 1300 mm, Hub 1500 m, 50 Umdrehungen minutlich.

Abb. 75—79: Windcylinder des Gebläses. Der Rahmen ist in der Mitte des Cylinders hochgezogen, seine Fortsetzung liegt tief, um die Saugschieber oberhalb des Rahmens herausnehmen zu können.

Abb. 80 zeigt die Ansicht der Windcylinder mit der äusseren Steuerung für das Saugventil und den Schnitt des Kolbens und der Ventile.

Abb. 81 zeigt die thatsächliche Ausführung des

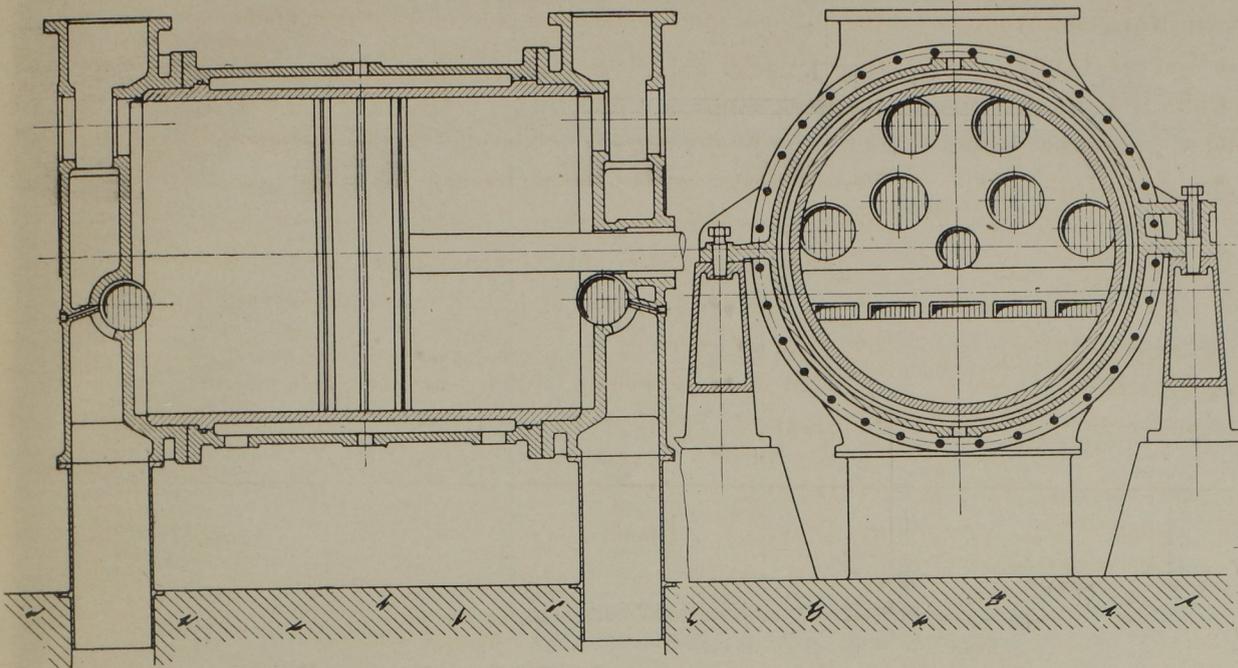


Abb. 75. Längsschnitt. Masst. 1:30.

Abb. 76. Querschnitt. Masst. 1:30.

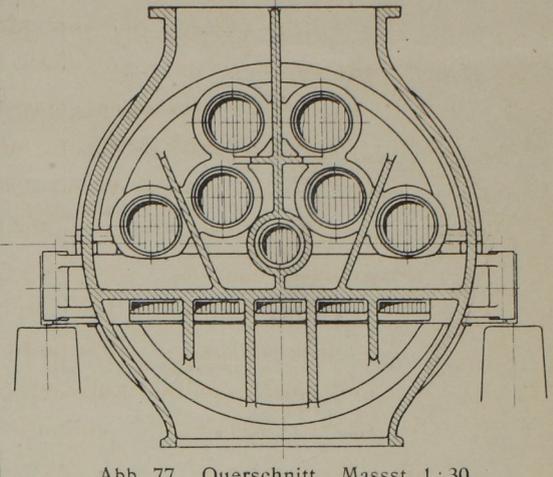


Abb. 77. Querschnitt. Masst. 1:30.

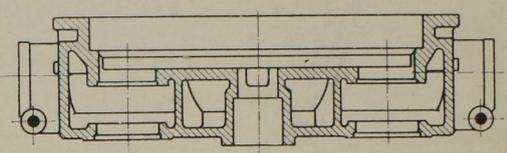


Abb. 78. Schnitt durch den Deckel. Masst. 1:30.

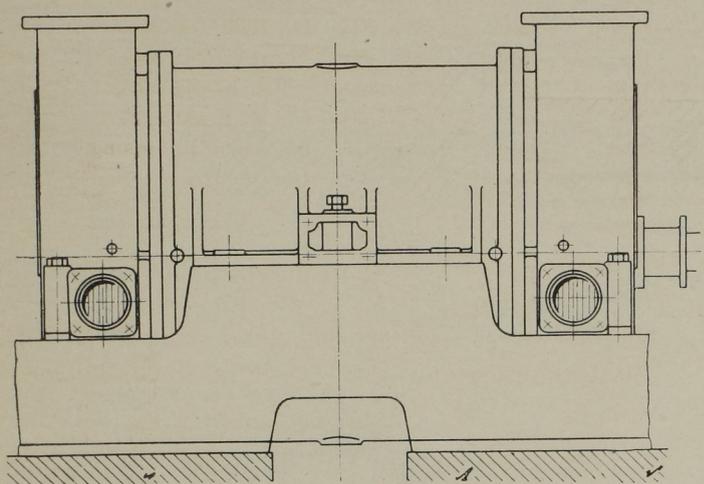


Abb. 79. Seitenansicht. Masst. 1:30.

Abb. 75-79.
**Windcylinder des Stahlwerksgebläses
 für Haspe.**

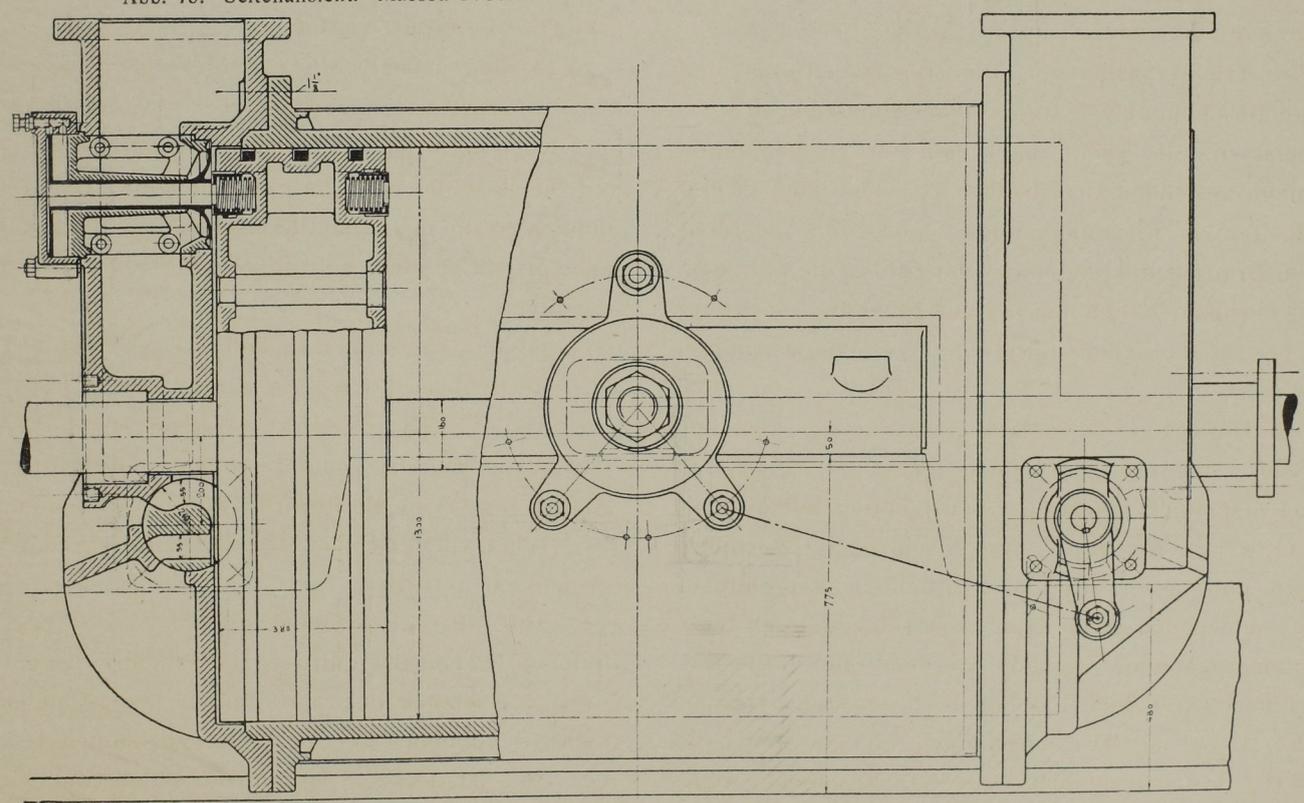


Abb. 80. Ansicht und Schnitt des Windcylinders. Masst. 1:15.

Neues Stahlwerksgebläse für Haspe, ausgeführt von der **Siegener Maschinenbau-A.-G.** in Siegen.

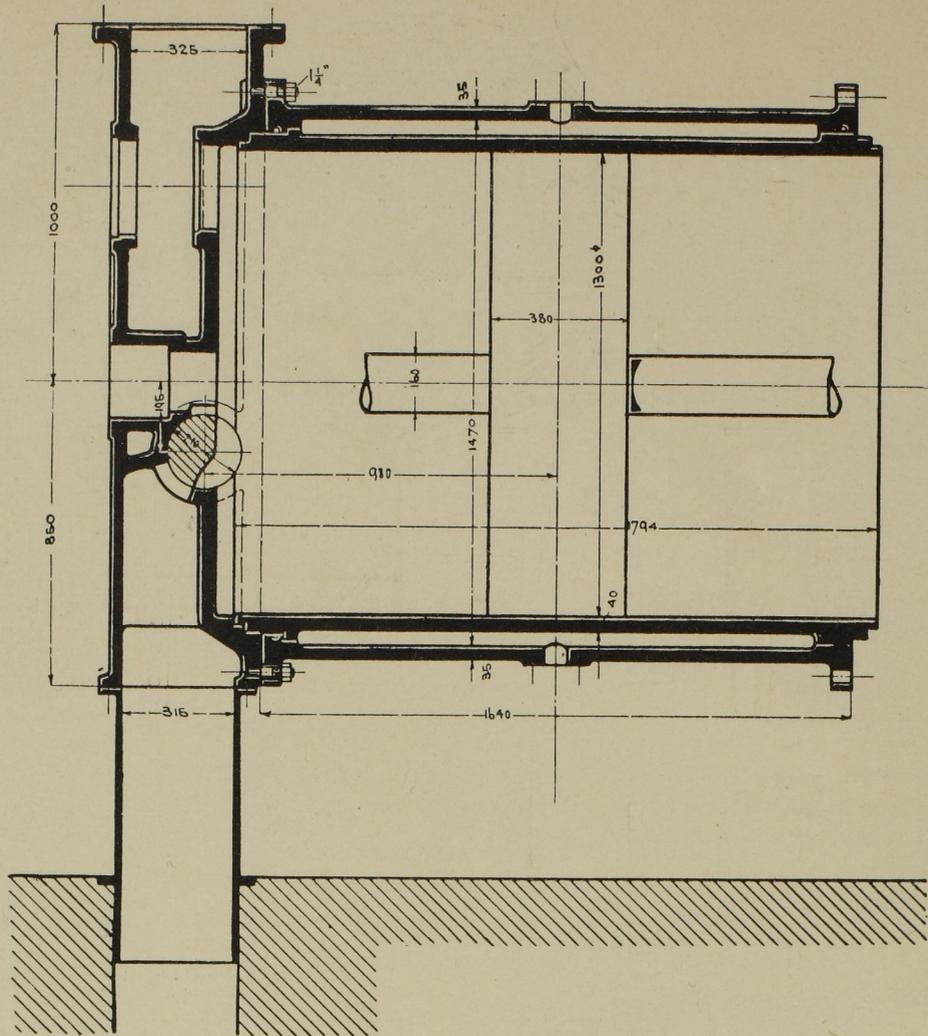


Abb. 81. Längsschnitt des Windcylinders. Masst. 1:20.

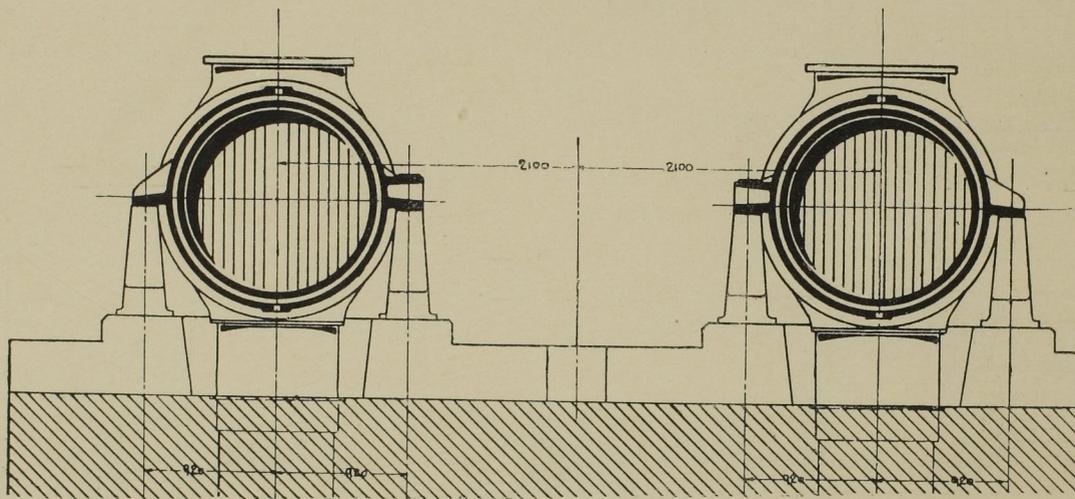


Abb. 82. Querschnitt durch beide Cylinder. Masst. 1:50.

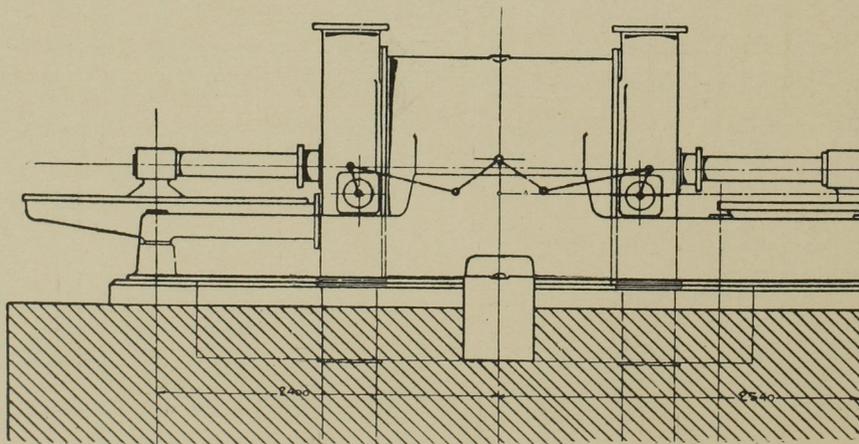


Abb. 83. Ansicht des Windcylinders und Schema der Saugschieber-Steuerung. Masst. 1:50.

Neues Stahlwerksgebläse für Haspe, ausgeführt von der Siegener Maschinenbau-A.-G. in Siegen.

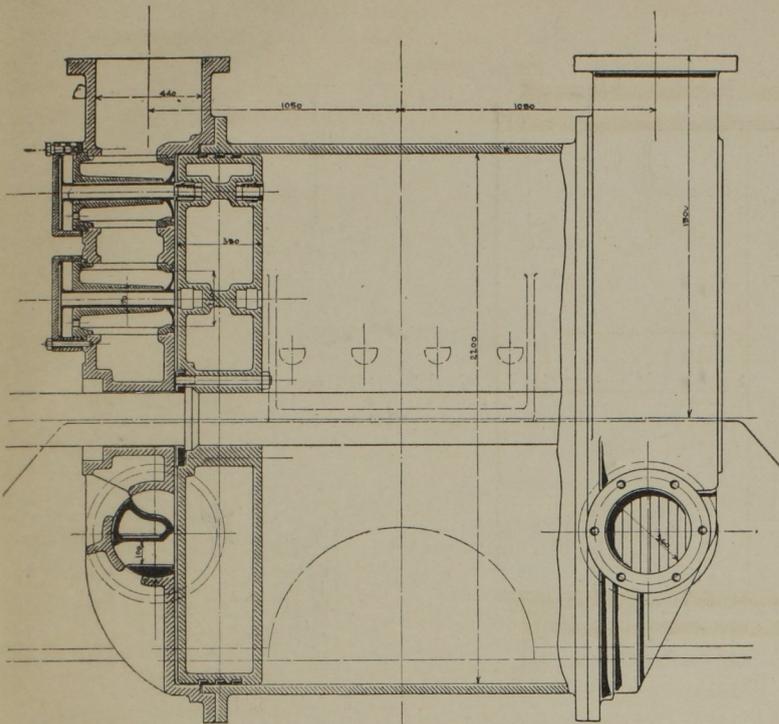


Abb. 84. Längsschnitt des Windcyllinders. Masst. 1 : 30.

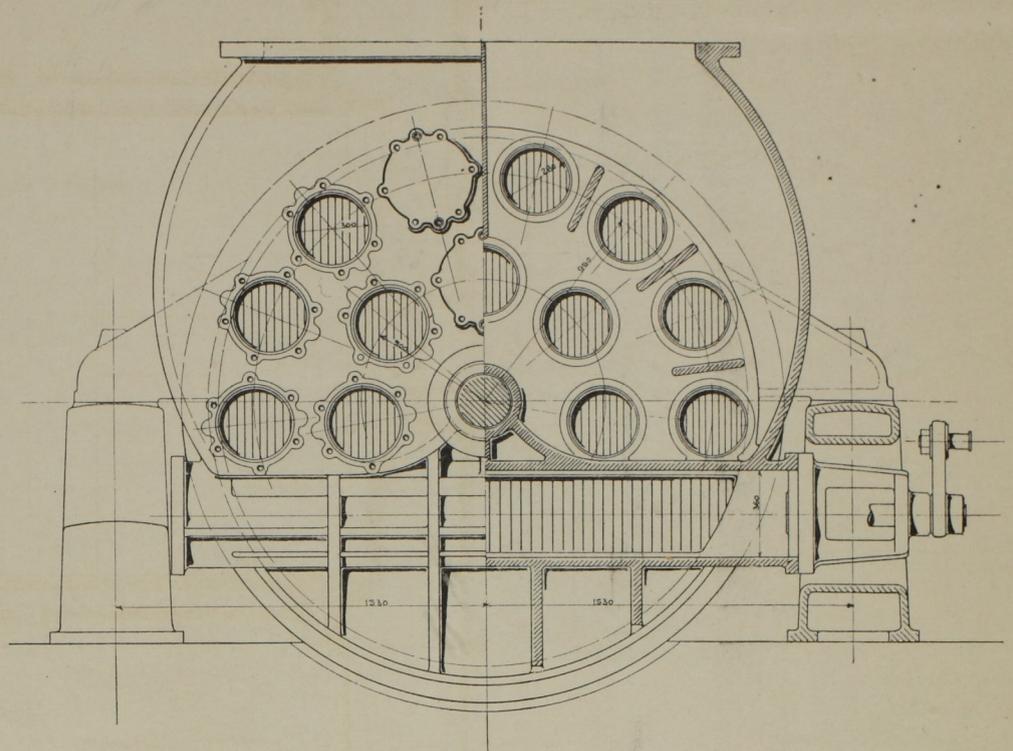


Abb. 85. Querschnitt des Windcyllinders. Masst. 1 : 30.

Hochfengebläse mit rückläufigen Druckventilen.

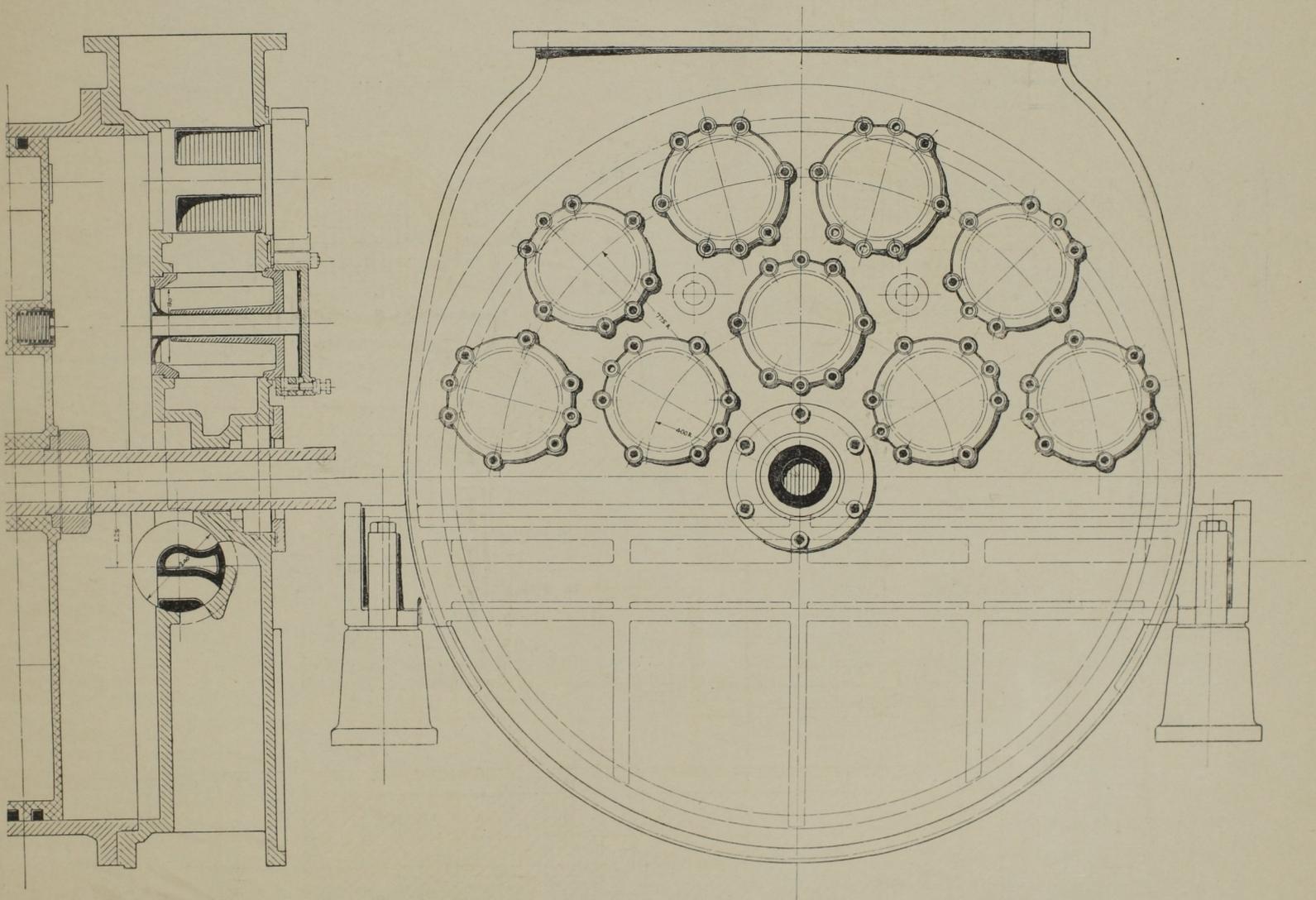


Abb. 86. Querschnitt durch den Windcyllinder und Längsschnitt durch den Deckel. Masst. 1 : 15.

Hochfengebläse für die Hütte Friede in Kneuttingen.

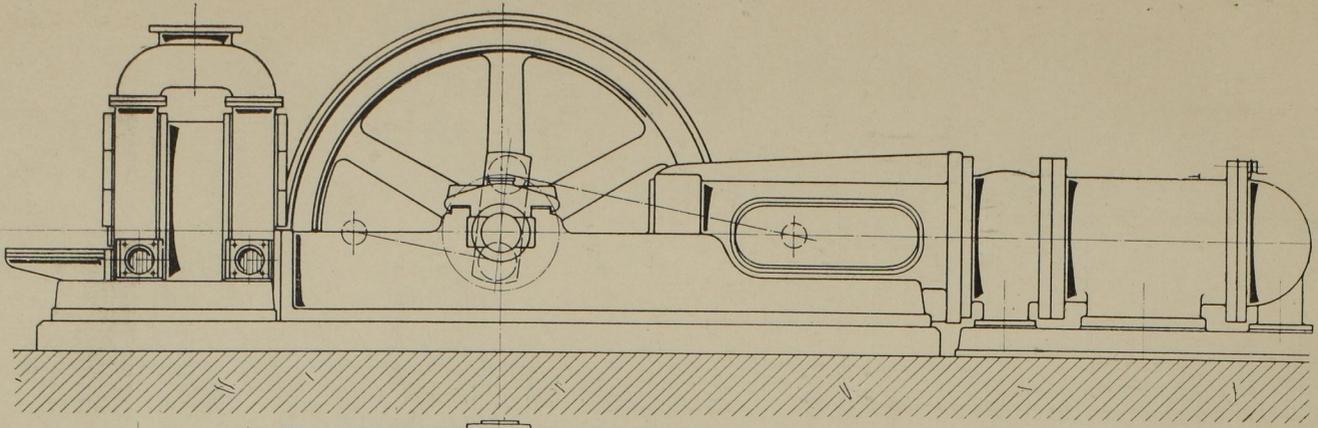


Abb. 87. Seitenansicht der Gebläsemaschine.
 Masst. 1:60.

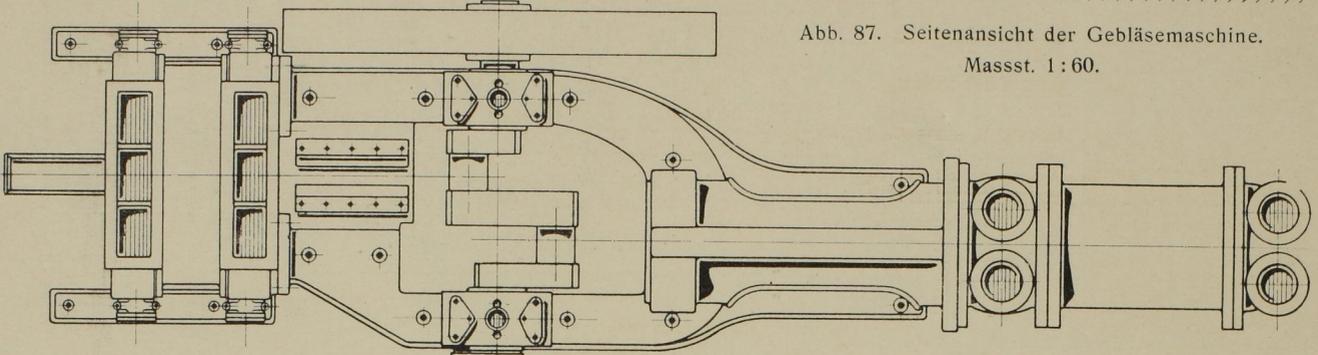


Abb. 88. Grundriss der Gebläsemaschine.
 Masst. 1:60.

**Stahlwerksgebläse für Gasmotor-
 Antrieb.**

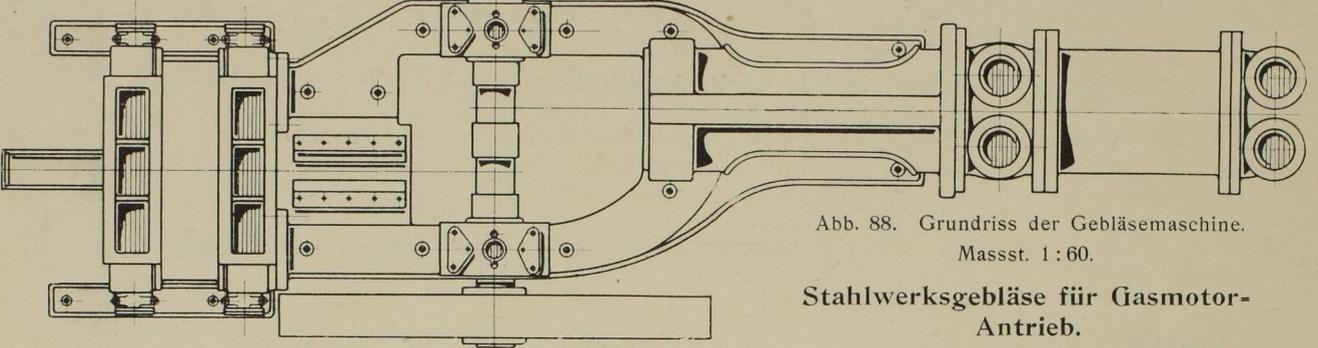


Abb. 89. Grundriss der Gebläsemaschine.
 Masst. 1:60.

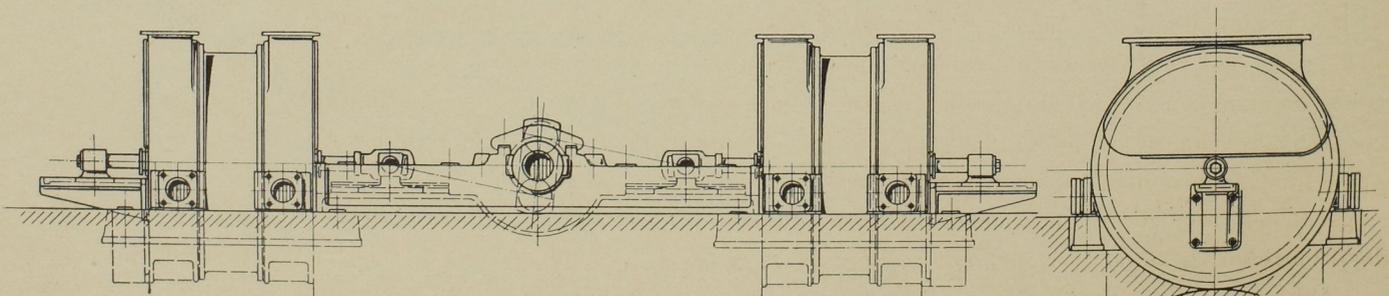
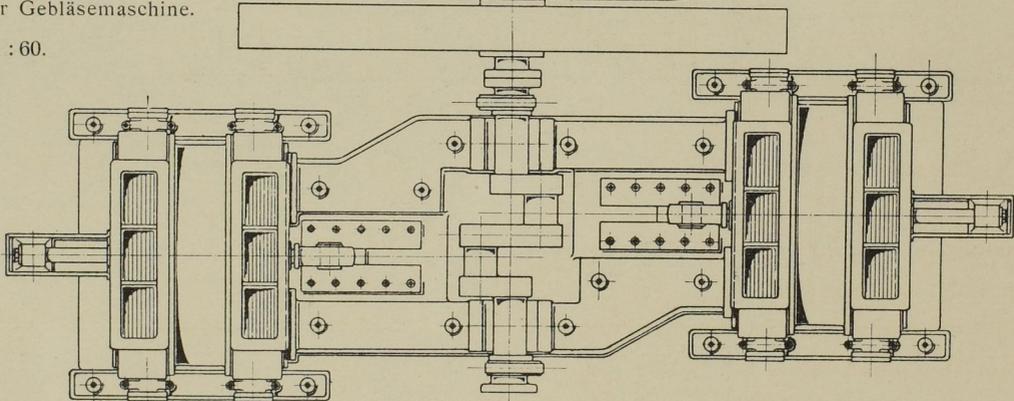
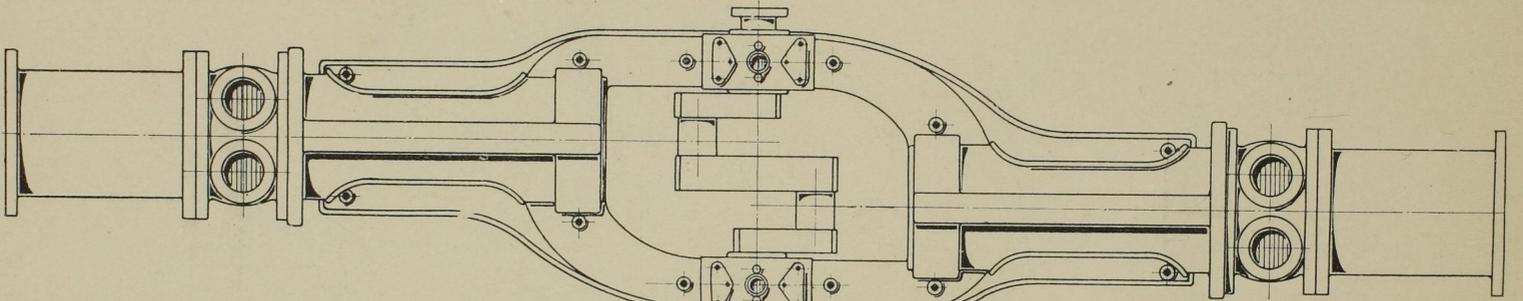


Abb. 90. Seitenansicht der Gebläsemaschine und Rückansicht des Windcylinders. Masst. 1:60.
Hochfengebläse für Gasmotor-Antrieb.

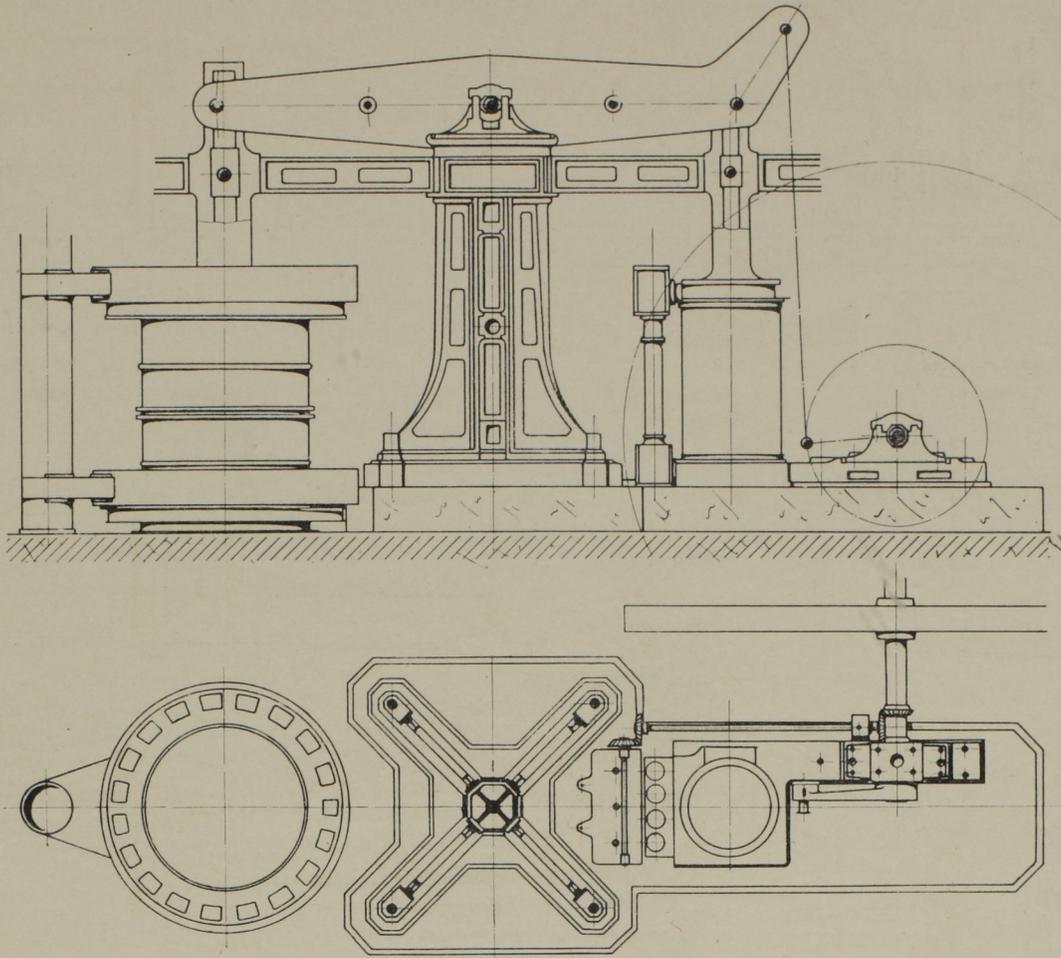


Abb. 91. Seitenansicht und Grundriss der Gebläsemaschine. Massst. 1:20.

Hochfengebläse der Adalbert-Hütte in Kladno.

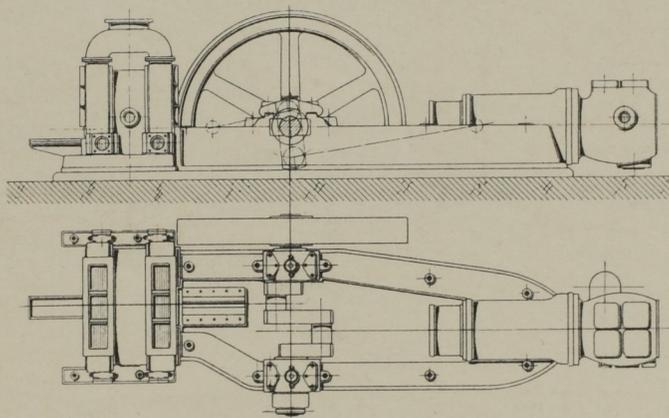


Abb. 91 a. Seitenansicht und Grundriss eines gleichwerthigen Gebläses mit Gasmotor-Antrieb.

Cylinders mit Kühlmantel und der Verbindung des Cylinderdeckels mit der Luftsaugleitung.

Abb. 32 und 33 die Anordnung beider Cylinder und der Verbindung mit den Führungen, sowie das Schema für den Antrieb des Saugschiebers.

Bei raschlaufenden Gebläsen für Gasmotor-Antrieb, wo die halbe Deckelfläche zur Unterbringung der Druckventile nicht immer ausreicht, erschien es zweckmässig, den Gebläsecylinder in seiner Mittelachse auf einem hohen Maschinenrahmen zu lagern (Abb. 85), aber den Saugschieber tief zu legen und durch den Rahmen hindurchtreten zu lassen, wie der Querschnitt zeigt.

Abb. 86 zeigt die für die Hütte Friede in Kneut-

tingen ausgeführten Hochfengebläse mit Gasmotor-Antrieb:

135 Umdrehungen minutlich. 1780 mm Windcylinder-Dchm., 500 mm Hub.

Kolben und Kolbenstange sind, um geringe bewegte Massen zu erhalten, hohl.

Die ausserordentlich grossen Vortheile, welche raschlaufende Gebläse mit Gasmotoren-Antrieb hinsichtlich Anlagekosten, Raum-, Fundament- und Gebäudebedarf gewähren, ergeben sich aus dem Vergleiche der in

Abb. 87 und 88 dargestellten, mit minutlich 150 Umdrehungen laufenden Stahlwerksgebläse für Gasmotor-

Antrieb mit dem gleichwerthigen Stahlwerksgebläse in Witkowitz, das in Abb. 42—44 im gleichen Massstabe dargestellt ist; ferner aus dem Vergleiche des in

Abb. 89 und 90 veranschaulichten Hochofengebläses mit Gasmotor-Antrieb für minutlich 150 Umdrehungen mit dem gleichwerthigen Hochofengebläse für Donawitz und Eisenerz, das aus Abb. 54 im gleichen Massstabe, 1:60, ersichtlich ist.

Bei allen diesen grossen Gebläsemaschinen ist auf die vollständige Massenausgleichung sowohl der Gasmotoren wie der Gebläse besonderer Werth gelegt. Beide sind deshalb mit Doppeltriebwerk und gegen-

läufigen Kurbeln gebaut, sodass sich die Massenkräfte in horizontaler Richtung ganz ausgleichen. Die Führung der Doppelkurbeln bietet insbesondere bei den Gebläsen und ihrem kurzen Hub keine Schwierigkeiten.

Abb. 91 zeigt ein älteres eincylindriges Balancier-Hochofengebläse (Adalbert-Hütte Kladno) von 2845 Windcylinder-Durchmesser, 2845 Hub, das mit 10—12 Umdrehungen minutlich betrieben wird, und

Abb. 91a im gleichen Massstabe das mit minutlich 150 Umdrehungen laufende Eincylinder-Gasmotorgebläse von gleicher Leistung.

