Deutscher Eisenbau-Verband

Berichte des Ausschusses

für

wirtschaftliche Betriebsführung

Heft 1

Preßluft im Eisenbau

Berichterstatter:

Dipl.-Ing. Moeller

Betriebsleiter der Gutehoffnungshütte, Sterkrade

Mit 5 Textabbildungen

1922

Deutscher Eisenbau-Verband

Berichte des Ausschusses

für

wirtschaftliche Betriebsführung

Heft 1

Preßluft im Eisenbau

Berichterstatter:

Dipl.-Ing. Moeller

Betriebsleiter der Gutehoffnungshütte, Sterkrade

Mit 5 Textabbildungen

1922

ISBN 978-3-662-31915-4 ISBN 978-3-662-32742-5 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-32742-5

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1922.
Ursprünglich erschienen bei Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin. 1922
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1922

Allgemeines.

Der Gedanke, atmosphärische Luft zusammenzupressen, um sie als Energieträger zu verwenden, ist keine Errungenschaft unserer Zeit; wohl aber können wir das Verdienst für uns in Anspruch nehmen, den Gedanken in die Tat umgesetzt zu haben.

Erst seit etwa 25 Jahren hat sich die Preßlufttechnik so fortentwickelt, daß die Preßluft zu einem heute unentbehrlichen Helfer vieler Betriebe, insonderheit des Eisenbaues, geworden ist.

Diese verhältnismäßig kurze Zeit der praktischen Verwertung erklärt sich aus den Folgerungen, die sich, wie bei den meisten technischen Neuerungen, auch für die Preßluft aus der Wirtschaftlichkeitsberechnung ergaben.

Leider ist die Bewirtschaftung der Preßluft bis heute noch in fast keinem Betriebe vom Gesichtspunkt äußerster Sparsamkeit bei Erzeugung, Fortleitung und Verwendung getragen, und es ist erstaunlich, mit welchem Fatalismus über diese Tatsache hinweggesehen wird. Die exakte Forschung nach den Mängeln, die der Preßlufttechnik anhaften, ist auf halbem Wege stehengeblieben, insofern, als sie diese Mängel zwar allmählich aufzudecken suchte, Mittel zur Abhilfe aber nur spärlich in Vorschlag bringen konnte.

Die Erfahrungen der Einzelbetriebe nutzbar zu machen für alle Preßluftverbraucher, muß als das mit größtem Nachdruck zu erstrebende Ziel angesehen werden, damit der Verschleuderung kostbarer Energien wirksam begegnet werden kann.

Die vorliegenden Ausführungen sollen sich in dieser Richtung, wenn auch für den Anfang nur in bescheidener Weite bewegen.

Sie gründen sich auf die Mitteilungen bekannter Preßluft-Fachleute und verfolgen im wesentlichen den Zweck, die für das Spezialgebiet des Eisenbaues wichtigen Folgerungen, auf Grund der praktischen Erfahrungen, näher zu erläutern.

*

Erzeugung.

Vielfach ist die Preßlufterzeugung schon in der Anlage verfehlt, weil Sparsamkeit am unrechten Platze, örtliche Verhältnisse, mangelnde Beratung durch erprobte Fachleute und anderes mehr einen entscheidenden, mitunter unheilvollen Einfluß ausüben.

Die Frage nach der Anzahl der für eine Preßluftanlage erforderlichen Kompressoren ist zu entscheiden, auf Grund der Ansichten über die Entwicklungsmöglichkeiten des Betriebes. Niemals aber, auch bei kleineren Betrieben, soll man sich für weniger als zwei Kompressoren entscheiden; einmal, um bei eintretendem Mehrverbrauch an Preßluft und bei Betriebserweiterungen eine Reserve zu haben, ferner, um Betriebsstörungen am Kompressor ohne erhebliche Arbeitsverluste begegnen zu können.

Man wird zwar, auch wenn man einen Kompressor für seinen Betrieb als ausreichend erachtet, vorsichtigerweise durch die Wahl der Kompressorgröße eine gewisse Reserve zu schaffen suchen, zumal die Mehrausgaben für einen vorläufig nicht voll ausgenutzten Kompressor nicht so groß sind als spätere Neubeschaffungen.

Einer größeren Betriebsstörung ist man aber dann nicht gewachsen. Man könnte sich zwar eine Luftreserve schaffen, indem man einen Luftspeicher von dem Ausmaß eines Tagesbedarfes an Stelle des zweiten Kompressors vorsieht. Bei großen Betrieben scheitert die Ausführung des Gedankens meistens an dem erforderlichen Ausmaß des Behälters, außerdem bleibt die Anordnung von Luftspeichern nur ein Behelf, der bei längeren oder gar katastrophalen Betriebsstörungen an dem einzig vorhandenen Kompressor ebenfalls hinfällig wird.

Es bleiben also bei dem Entscheid über die Kompressorzahl folgende Erwägungen anzustellen:

Bei einem Luftverbrauch zu 10 cbm/min würde ein Kompressor von 10 cbm/min Leistung die billigste und schlechteste

Anlage sein. Zwei Kompressoren von je 10 cbm/min Leistung würde zwar die teuerste Anlage sein, aber die größte Betriebssicherheit gewährleisten.

Das zwischenliegende Kompromiß würde durch zwei Kompressoren von je 5 cbm/min Leistung erreicht werden.

Weitere Möglichkeiten wären:

Zwei Kompressoren zu je 7,5 cbm/min Leistung oder ein Kompressor zu 7,5 cbm/min und ein Kompressor zu 5 cbm/min Leistung. In beiden Fällen sind die Anlagekosten geringer als bei zwei Kompressoren zu je 10 cbm/min, und die Forderung nach einer Rererve ist in begrenztem Umfange ebenfalls erfüllt.

Bei späteren Erweiterungen empfiehlt es sich, Kompressorgrößen zu wählen, die eine Verdopplung der bisherigen Leistung bedeuten.

Hatte man ursprünglich eine Anlage von 2 Kompressoren zu je 5 cbm/min, so wird man sich zur Erweiterung zunächst Kompressoren zu 10 cbm/min, später zu 20 cbm/min Leistung zu beschaffen haben.

Dieses Verfahren bietet den Vorteil, daß der größere Kompressor durchlaufen kann, während der kleinere die Reglung der Gesamtleistung, besonders die Bewältigung von Spitzenbelastungen, übernimmt.

Demgegenüber hat die bei nur gleich großen Kompressoren einfachere Ersatzteilbeschaffung untergeordnete Bedeutung.

Die Entscheidung über die Kompressorgröße ist vom Gesichtspunkt des zu erwartenden Verbrauches zu treffen.

Als Maßstab für die Größe des Kompressors gilt seine in der Zeiteinheit angesaugte Luftmenge, nicht etwa sein Hubvolumen.

Diese Saugleistung wird in Werkstättenbetrieben üblicherweise in cbm/min, im Bergbau in cbm/Std. angegeben.

Der zu erwartende Gesamtverbrauch und damit die Kompressorgröße bestimmt sich aus der Anzahl und dem Bedarf der angeschlossenen Entnahmestellen.

Überschläglich kann man für jedes Werkzeug, das im Betrieb ist, einen Verbrauch von etwa 1,0 cbm/min im Mittel angesaugter Luft in Ansatz bringen, wobei ein Zuschlag für Undichtigkeiten der Anlage und sonstige Luftverluste bereits eingerechnet ist. Die genauere Rechnung bringt jedes Einzelwerk-

zeug mit seinem typischen Verbrauchsdurchschnitt in Ansatz, der zum Gegenstand genauerer Untersuchung gemacht werden soll, und auf den wir noch später zu sprechen kommen werden.

Da bei den meisten, namentlich bei größeren Anlagen, nicht dauernd alle Werkzeuge in Betrieb sind, genügt es erfahrungsgemäß, als durchschnittlichen Gesamtverbrauch etwa 60% der errechneten Luftmenge als maßgebend für die Kompressorgröße anzunehmen.

Vorübergehender Mehrverbrauch wird zunächst dem stets vorzusehenden Druckluftbehälter entnommen, dessen Druckabnahme sich bei Minderverbrauch wieder ausgleicht.

Die Wahl der Kompressorart ist abhängig von der zu erreichenden Leistung und nur zweifelhaft bei Leistungen in den Grenzen von 10—12000 cbm/Std. Bei kleineren Leistungen entscheide man sich für den Kolbenkompressor, bei größeren für den Turbokompressor. Man wird sogar bei einer Leistung von 14—15000 cbm/Std. noch den Kolbenkompressor wählen, wenn diese Luftmenge zeitweilig weiter als bis auf die Hälfte herabgemindert werden soll. In Brückenbauanstalten, die Preßluft nur für eigenen Betrieb erzeugen, ist der Luftbedarf nie so groß, daß Turbokompressoren in Frage kämen. Wir können sie also für die Betrachtung ausscheiden und uns auf die Frage, ob schnell oder langsam laufende Kompressoren zweckmäßig sind, beschränken.

Kraftwirtschaftlich besteht zwischen beiden kein Unterschied. Hingegen hat der schnell laufende Kompressor den Vorteil geringeren Gewichtes, Anschaffungspreises und Platzbedarfs; er ist jedoch empfindlicher als der langsam laufende gegen die Einwirkungen von Staub und bedarf einer sorgfältigeren Schmierung und Wartung.

Man wähle einen Langsamläufer (bis 190 Umdrehungen pro Minute) besonders dann, wenn der Kompressor in der Werkstatt selbst und nicht in einem eigenen, sauberen, staubfreien Maschinenhaus aufgestellt werden soll.

Bei der Wahl des Antriebes für die Kompressorenanlage ist man in den meisten Fällen gebunden an die für den Betrieb vorliegenden besonderen Verhältnisse.

Am besten regelbar ist der dampfbetriebene Kompressor, dessen Drehzahl je nach Bedarf verstellt werden kann. Der

Verbrauch an Dampf ist nahezu proportional der erzeugten Druckluft.

Wirtschaftlich ist der Dampfantrieb unter normalen Verhältnissen nur, wenn in dem Betriebe noch für andere Zwecke ohnehin Dampf erzeugt wird. In diesem Falle ist der Dampfbetrieb fast immer wirtschaftlicher als der elektrische Antrieb, wovon man sich durch eine Gegenüberstellung der Betriebskosten aus Strompreis und Dampf, d. h. Kohlenpreis, überzeugen kann.

Heute, wo infolge der durch den verlorenen Krieg geschaffenen Verhältnisse die elektrische Energie der in öffentlichem Besitz befindlichen Kraftwerke als Steuerquelle herangezogen wird, ist der Entscheid zwischen Antrieb durch Dampf und elektrischem Antrieb nicht ohne weiteres gegeben und die Vergleichsberechnung ist deshalb unerläßlich, weil sie unter Umständen bei einem Luftbedarf von etwa 15—20 cbm/min ab sehr wohl zur Wahl des Dampfantriebes führen kann. Dies wird vornehmlich dann der Fall sein, wenn man die größere Unabhängigkeit beim Vorhandensein einer eigenen Kraftanlage höher bewertet als die größere Bereitschaft des elektrischen Antriebes.

Weitaus am häufigsten findet man den elektrischen Antrieb für Kompressoren.

Bei Gleichstrommotoren kann man die Drehzahl der Kompressoren in weiten Grenzen wirtschaftlich regeln. Bei Verwendung von Drehstrommotoren ist man auf eine Aussetzreglung angewiesen. Eine selbsttätige Anlaß- und Abstellvorrichtung darf bei keiner Anlage fehlen, besonders wenn die Beobachtung des Kompressors das Auftreten langer Leerlaufperioden ergibt. Diese Vorrichtungen können auch nachträglich stets angebracht werden. Bekanntere Systeme sind die von Friedrichs und von Hund & Weber.

Als Anlasser sind im Gebrauch Flüssigkeits- und Metallanlasser.

Die Anlasser müssen so bemessen sein, daß man mindestens zweimal hintereinander oder dreimal in der Stunde anlassen kann.

Anlasser für Halblastanlauf sind unzweckmäßig und nur solche für Vollastanlauf zu empfehlen.

Hat man eine Kompressoranlage so eingerichtet, daß eine Kompressorreserve zur Aufnahme von Spitzenbelastungen vor-

handen ist, so rüstet man diese mit selbsttätigem Anlasser aus. Und zwar ist stets der kleinere Kompressor als Reserve anzusehen und mit dem selbsttätigen Anlasser auszurüsten, damit dieser die Spitzenbelastung aufnimmt, während der größere die normale Belastung trägt.

Die Grenzen des minimalen und maximalen Arbeitsdruckes müssen dann genügend distanziert und die Windkessel reichlich bemessen sein, damit nicht ein zu häufiges An- und Abstellen der Kompressorreserve stattfindet.

Bei den meisten Eisenbauanstalten beträgt der minimale Arbeitsdruck sechs, der maximale sieben Atmosphären; diese Druckdifferenz von 1 atm. hat sich bisher als ausreichend erwiesen.

Die vom Kompressor angesaugte Luft muß möglichst kühl und staubfrei sein: kühl, weil das angesaugte Luftgewicht bei gleichem Kraftbedarf mit der niederen Temperatur zunimmt (nämlich um 1 % bei je 3° niederer Temperatur), staubfrei, damit ein Ausschleifen der Zylinder durch die mitgerissenen Fremdkörper vermieden wird.

Das Ansaugen muß daher von einer Stelle aus geschehen, in deren Nähe sich keine wärmeerzeugenden Einrichtungen befinden (Kesselhäuser), und möglichst die Nordseite, d. h. die vornehmliche Schattenseite des Kompressorraumes zum Ansaugen gewählt werden.

Auch wenn die angesaugte Luft noch so rein erscheint, ist ein Luftfilter in der Saugleitung vorzusehen.

Beim Ansaugen staubhaltiger Luft bleibt der Staub an den geölten Flächen haften, schleift schon nach kurzer Zeit die Zylinder aus und verkürzt damit die Lebensdauer des Kompressors.

Die aus dem Kompressor austretende komprimierte Luft sollte nach Möglichkeit auf die niedrigste Verbrauchstemperatur rückgekühlt sein, um spätere Druckverluste zu vermeiden. Dies hat natürlich seine Schwierigkeiten, und man muß sich deshalb mit dem praktisch Erreichbaren begnügen (ca. 140° max).

Die Abkühlung der Luft erfolgt gewöhnlich in Zwischenkühlern und in geringem Maße in den Zylindern. Erstrebenswert wäre eine weitere Nachkühlung hinter dem Kompressor, einmal um die Druckluftwärme nutzbar zu machen, aber auch um die Luft durch vermehrte Wasserabscheidung möglichst trocken in das Werkzeug zu bringen (s. S. 9).

Fortleitung.

Die Stoßwirkung der durch einen Kolbenkompressor gelieferten Luft kann wegen der periodischen Wiederkehr der Stöße von äußerst nachteiliger Wirkung auf das Material der Preßluftleitung sein.

Um diese Stöße aufzunehmen, ordnet man kurz hinter dem Druckstutzen einen Windkessel an.

Man könnte die Erfüllung dieser Aufgabe dem stets erforderlichen Druckwindkessel zuweisen.

Besser ist es jedoch, einen besonderen Stoßwindkessel anzuordnen.

Der Druckwindkessel soll nämlich zwei Aufgaben erfüllen:

Er soll erstens einen vorübergehend höheren Verbrauch an Preßluft aufnehmen und zweitens das in der Preßluft enthaltene Wasser abscheiden. Er soll deshalb nicht im Nebenschluß zur Windleitung liegen, sondern von der ganzen Preßluft durchströmt werden.

Zur Erzeugung von 1 cbm Preßluft von 6 atm. Überdruck müssen 7 cbm Luft angesaugt werden. Den Sättigungsgrad von Luft bei 1 atm. Spannung kann man mit 60 % annehmen, so daß in der Preßluft $7 \times 60 = 420$ % Feuchtigkeit enthalten sind. 320 % müssen sich also ausscheiden, wenn bei einer der Ansaugetemperatur gleichen Temperatur die Preßluft trocken in das Werkzeug gelangen soll. Diese Feuchtigkeit wird nur abgeschieden, wenn eine genügende Abkühlung eingetreten ist und das Strömen der Luft praktisch aufhört.

Der Druckluftkessel muß also möglichst kühl und möglichst groß gehalten werden.

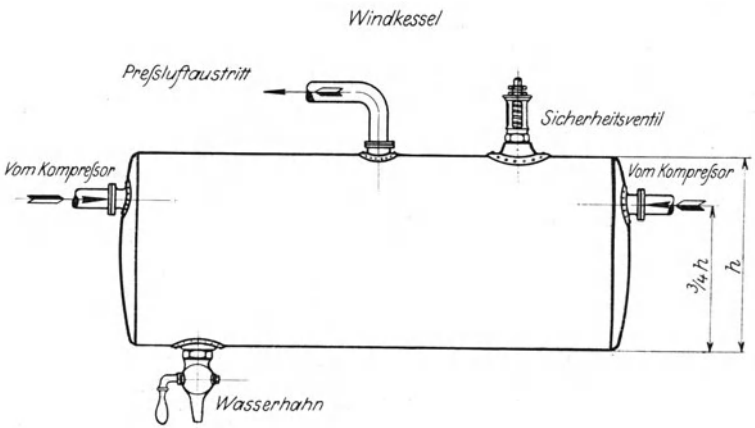
Als praktische Größe hat sich erwiesen:

Volumen V in cbm = Wurzel aus der zehnfachen angesaugten Luftmenge pro Minute: $V = \sqrt{10 \cdot v}$.

Zur Kühlhaltung ist die Aufstellung des Druckluftkessels möglichst weit ab von allen Wärmeerzeugern, d. h. außerhalb der Maschinenhalle vorzusehen. Zur Aufnahme der Luftstöße muß der Windkessel möglichst nahe am Kompressor angeordnet sein.

Man kann also die beiden Erfordernisse: Kühle Aufstellung des Druckwindkessels und Aufstellung unmittelbar am Druckrohr des Kompressors zwecks Aufnahme der Luftstöße nicht vereinigen.

Da aber die Hauptaufgabe des Druckwindkessels die Ausscheidung des Wassers bleibt, sieht man für die Aufnahme der



Luftstöße einen besonderen Stoßwindkessel vor, besonders dann, wenn die Entfernung des Druckwindkessels vom Kompressor mehr als etwa 6 m beträgt.

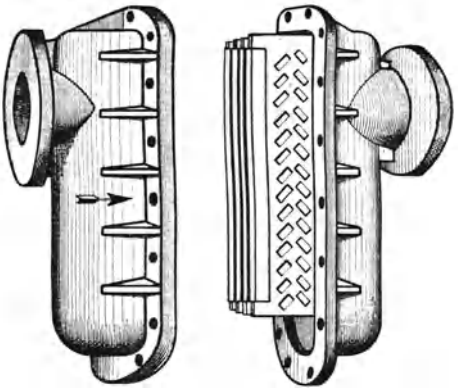
Als Stoßwindkessel genügt ein unmittelbar am Druckstutzen des Kompressors sich anschließendes erweitertes Rohr von etwa zehnfachem Inhalt des Hochdruckzylinders, in das die Druckleitung senkrecht hineinführt.

Am Druckwindkessel befindet sich ein Sicherheitsventil und unmittelbar dahinter ein Wasser- und Ölabscheider. Letztere können nur wirken, wenn die Druckluft bereits abgekühlt ist. Die selbsttätigen Abscheider arbeiten meist nicht zuverlässig wegen des Ölgehaltes des Niederschlagwassers und bedürfen häufiger Kontrolle. Man ordnet deshalb am Druckwindkessel

an der tiefsten Stelle einen Rohrumlauf mit Entwässerungshahn an, durch dessen Aufdrehen man sich von der Betriebsfähigkeit des Wasser- und Ölabscheiders überzeugen kann.

Eine Entwässerungsvorrichtung muß auch beim Stoßwindkessel an der tiefsten Stelle vorgesehen sein.

Wenn in die Leitung zwischen Kompressor und Druckwindkessel ein Schieber eingebaut werden muß, wie es bei Vorhandensein mehrerer Kompressoren notwendig wird, so ist an dem Stoßwindkessel ein Sicherheitsventil unbedingt erforderlich.



Die Ansichten über die verschiedenen Systeme bzw. Fabrikate an Wasser- und Ölabscheidern gehen stark auseinander. Bekanntere Fabrikate sind die von Sack & Kieselbach, Düsseldorf-Rath, und von Rosenkrantz & Seiwert, Dortmund, sowie Preßluftindustrie Max L. Froning, Dortmund-Körne. In den Fachzeitschriften werden noch andere Systeme angeboten, die mehr oder minder voneinander abweichen.

Wirklich betriebssichere und vollkommene Wasserabscheider gibt es kaum. Die gebräuchlichen Abscheider vermögen nur das fertige Kondensat abzuscheiden, können also höchstens trocken gesättigte Luft liefern, die bei jeder weiteren Abkühlung sofort wieder Wasser ausscheidet.

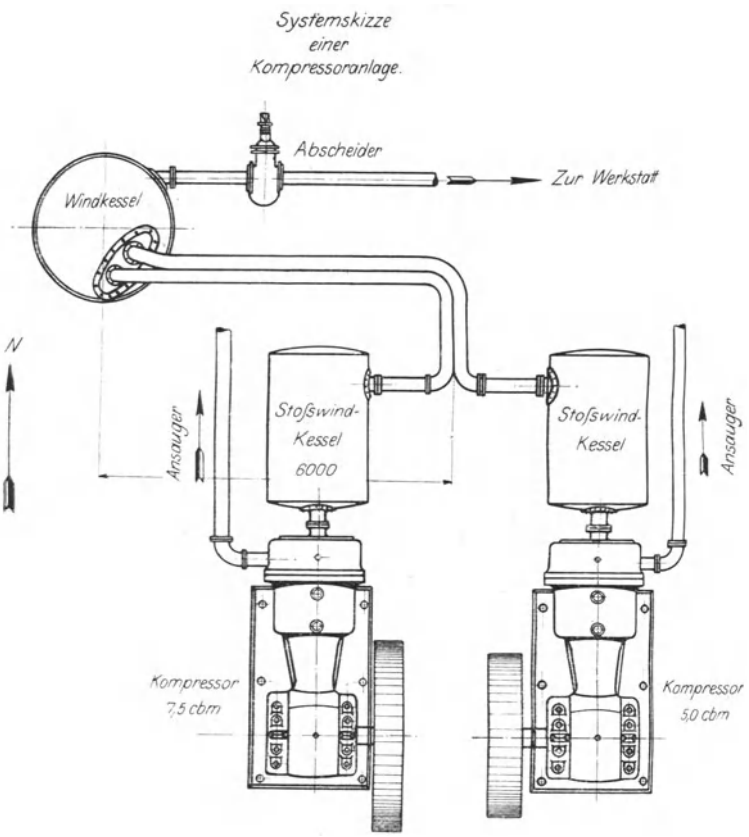
Die weitere Abkühlung ist aber unvermeidlich, wenn es nicht gelingt, die Luft schon vorher mindestens auf die niedrigste Verbrauchstemperatur abzukühlen.

Hier müssen andere Wege als bisher gegangen und Verbesserungen, vielleicht auf chemisch-technischem Gebiet oder durch vollkommenere Rückkühlung, noch gesucht werden.

Zu den wesentlichsten Erfordernissen einer vorbildlichen Kompressoranlage gehört ihre Betriebssicherheit.

Die Vorbedingungen hierfür sind:

Gute Konstruktion und solide Ausführung der Kompressoren, geschützte Aufstellung in abgeschlossenem, staubsicherem Raum, aufmerksame Wartung, bestes Schmiermaterial (für das Kom-



pressorinnere darf nur Spezial-Kompressoröl verwendet werden), Beobachtung der Kühlwassertemperatur, des Schmutzansatzes in den Kühlräumen und der Preßlufttemperaturen, die 140° C nicht überschreiten dürfen.

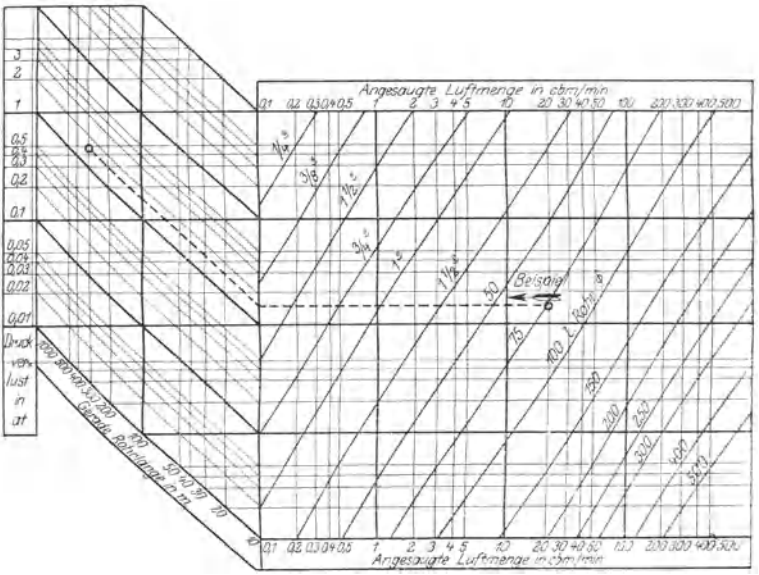
Die Erziehung des Maschinisten zur Gewissenhaftigkeit und die Stärkung seines Verantwortlichkeitsgefühls ist dadurch zu

fördern, daß er seine Beobachtungen und Ablesungen in ein Meldebuch einzutragen hat.

Die Bemessung der Preßluftleitung richtet sich im wesentlichen nach den voraussichtlichen Druckverlusten.

Druckverlust durch Strömungswiderstände in Preßluftleitungen mit 6 atm. mittleren Überdruck.

Im Rechteck: Druckverlust bei 10 m Rohrlänge.
Links im Rechteck: Druckverlust bei 10 — 1000 m Rohrlänge.



Beispiel.

Angesaugte Luft	=	20 cbm/min
Lichter Rohrdurchmesser	=	75 mm
Rohrlänge	=	300 m
Druckverlust	=	0,5 atm.

Herausgegeben von der Kommission für wirtschaftliche Betriebsführung des Deutschen Eisenbau-Verbandes.

Die Berechnung der Leitungsdurchmesser muß mit größter Genauigkeit erfolgen und darf nicht nach irgendwelchen unkontrollierbaren Faustformeln geschehen.

Druckverlust in Preßluftrohrleitungen bei 10 m Rohrlänge.

Angesaugte Luftmenge in cbm/min	Lichter Rohrdurchmesser in mm							
	25	38	50	65	75	100	125	150
1	0,01	0,002	—	—	—	—	—	—
2	0,05	0,005	0,001	—	—	—	—	—
5	0,2	0,03	0,007	0,003	—	—	—	—
10	—	0,1	0,02	0,007	0,004	—	—	—
15	—	0,2	0,05	0,01	0,007	0,002	—	—
20	—	—	0,08	0,03	0,01	0,003	0,001	—
25	—	—	0,1	0,04	0,02	0,005	0,002	—
30	—	—	0,2	0,06	0,03	0,007	0,003	0,001
40	—	—	—	0,1	0,05	0,01	0,004	0,001
50	—	—	—	0,2	0,07	0,02	0,006	0,002

Der Druckverlust ist proportional der Rohrlänge, z. B. bei 1000 m Rohrlänge 100 mal so groß.

Druckverlust in Preßluftrohrleitungen bei 100 m Rohrlänge.

Angesaugte Luftmenge in cbm/min	Lichter Rohrdurchmesser in mm											
	65	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	500
1 000	0,2	0,1	0,02	0,007	0,003	—	—	—	—	—	—	—
2 000	0,7	0,3	0,07	0,03	0,01	0,005	—	—	—	—	—	—
4 000	—	1,0	0,3	0,1	0,04	0,02	0,01	—	—	—	—	—
6 000	—	—	0,2	0,2	0,008	0,04	0,03	0,006	—	—	—	—
8 000	—	—	—	0,4	0,15	0,07	0,03	0,01	0,005	—	—	—
10 000	—	—	—	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,007	—	—	—
15 000	—	—	—	—	0,4	0,2	0,1	0,035	0,015	0,006	—	—
20 000	—	—	—	—	0,8	0,3	0,2	0,06	0,02	0,01	0,006	—
25 000	—	—	—	—	—	0,5	0,3	0,1	0,03	0,02	0,01	0,003
30 000	—	—	—	—	—	0,7	0,4	0,15	0,05	0,03	0,015	0,004
40 000	—	—	—	—	—	—	0,6	0,2	0,08	0,04	0,02	0,007
50 000	—	—	—	—	—	—	1,0	0,3	0,1	0,06	0,03	0,01

Der Druckverlust ist proportional der Rohrlänge, z. B. bei 1000 m Rohrlänge 10 mal so groß.

Rohrlängen in m mit gleichem Druckverlust wie in Armaturteilen von Druckluftleitungen.

Durchmesser in mm	Durchgangsventil $\xi = 7$	Eckventil $\xi = 3$	Hähne und Schieber $\xi = 0{,}3$	Normal-Krümmer $\xi = 0{,}2$	T-Stück $\xi = 2$	Plötzliche zentrale Verengung $\xi = 0{,}5$
25	6	3	0,3	0,2	2	0,5
50	15	7	0,7	0,4	4	1
65	20	8	0,8	0,5	5	1,3
75	25	11	1,1	0,7	7	1,7
100	35	15	1,5	1	10	2,5
125	45	20	2	1,2	12	3
150	60	25	2,5	1,7	17	4
175	70	30	3	2	20	5
200	85	35	3,5	2,4	24	6
250	110	50	5	3,2	32	8
300	140	60	6	4	40	1,0
350	170	70	7	5	50	1,2
400	200	85	8,5	6	60	1,5
500	260	110	1,1	7,5	75	1,9

ξ ist die Widerstandszahl, die den in einem Querschnitt stattfindenden Luftwiderstand als Teil der Geschwindigkeitshöhe $\frac{v^2}{2g}$ (v = Luftgeschwindigkeit in m/sec; $g = 9{,}81$ m/sec) angibt, also $\xi \frac{v^2}{2g} = w$. Dabei ist w eine Druckhöhe, ausgedrückt durch atm. oder Meter-Wasserstandsäule.

Der recht umständlichen Berechnung ist man enthoben durch graphische und tabellarische Zusammenstellungen, wie die nachfolgende, in welcher die zweckmäßigsten Rohrdurchmesser unter Berücksichtigung der Druckverluste in Leitungen und Armaturen für 10 m und 100 m Rohrlängen hervorgehoben sind. Für andere Rohrlängen ist der Druckverlust leicht zu ermitteln, da er proportional der Rohrlänge ist.

Leitungen unter 50 mm Durchmesser sind unzweckmäßig, weil sie zu wenig Widerstand gegen Beschädigungen durch Rost und mechanische Einwirkungen bieten. Zu empfehlen wäre die Einführung von Normaldurchmessern, wie 50 — 65 — 75 — 100 mm.

Die Berechnung des zweckmäßigen Rohrdurchmessers sei an einem Beispiel erläutert:

Bei 10 cbm/min Leistung und 80 m Rohrlänge ist

bei Durchmesser = 38 mm der Druckverlust = 0,1 · 80 = 0,8
„ „ = 50 „ „ „ = 0,02 · 80 = 0,16 atm.

Die Ausbildung des Leistungsnetzes weist zweierlei Formen auf, die auch kombiniert auftreten können: Ringleitung und Abzweigleitung.

Es scheint nach den bisherigen Erfahrungen, als ob die Vorzüge der Ringleitung überwiegen.

Der Nachteil der Ringleitung ist der, daß bei Brüchen der Hauptleitung Betriebseinschränkungen bis zur vollständigen Stillegung möglich sind.

Der Hauptvorteil der Abzweigleitung besteht darin, daß man Leitungsbrüchen die undichte Stelle rasch feststellen und dem weiteren Luftverlust durch Absperrung des betroffenen Abzweiges vorbeugen kann.

Durch eine Reihe sachgemäß angeordneter Absperrschieber kann man diesen Vorteil auch bei der Ringleitung erreichen.

Wird die Absperrung in dem Hauptringe aus irgendwelchen Gründen erforderlich, so hört damit die Leitung auf, eine Ringleitung zu sein, und sie verwandelt sich in eine Abzweigleitung, wenn keine Nebenringe bestehen bzw. in eine Kombination von Ring- und Abzweigleitung.

Der Hauptvorteil der Ringleitung besteht in der größeren Freizügigkeit beim Verlegen der Entnahmestellen, und man hat bei richtiger Führung der Ringleitung Ersparnisse an Schlauchmaterial. Wenn an entfernteren Stellen der Ringleitung oder Abzweigleitung Druckmangel auftritt, so hilft man sich durch einen in der Nähe des Druckminimums aufgestellten Druckluftbehälter, der im Nebenschluß zur Preßluftleitung aufgestellt wird.

Die Rohrleitung kann unterirdisch und überirdisch geführt werden. In ersterem Falle liegen die Rohre in zugänglichen gemauerten Kanälen. Früher wurden die Rohre auch direkt ins Erdreich verlegt und nur die Rohrverbindungsstellen zugänglich gemacht. Die Nachteile der Verlegung im Erdreich sind heute überall erkannt, so daß diese Form der Rohrführung stets vermieden wird.

Wenn Rohrleitungen in einiger Höhe über Flur geführt werden, so müssen sie sich an Gebäudemauern, Kranbahnen usw. lehnen können, damit sie kein Verkehrshindernis bilden.

Stets sollen die Rohre mit Gefälle verlegt werden, das bei geraden Strecken etwa 1:200, in Krümmungen etwa 1:100 betragen sollte. Das Gefälle muß stets im Sinne der Strömungsrichtung der Druckluft liegen. Wasserabscheider sind sinngemäß anzuordnen. Hierüber sind auf Seite 19 Angaben gemacht.

Als Material für die Rohrleitungen kommt nur Schmiedeeisen in Frage. Ein Verzinken der Rohre ist wegen des Ölgehalts der Preßluft nicht erforderlich. Daß das Verzinken der Rohre sogar von Nachteil für die Werkzeuge ist, wie vereinzelt angenommen wird, ist nicht nachgewiesen. Es dürfte kaum anzunehmen sein, daß die aufs innigste in die Poren des Eisens eingedrungene unendlich dünne Zinküberkleidung Partikelchen ablöst, die in die Werkzeuge mitgerissen werden können.

Vor in Betriebnahme und nach vorgenommenen Reparaturen müssen die Leitungen sorgfältig gereinigt und alle Fremdkörper durch kräftiges Ausblasen entfernt werden.

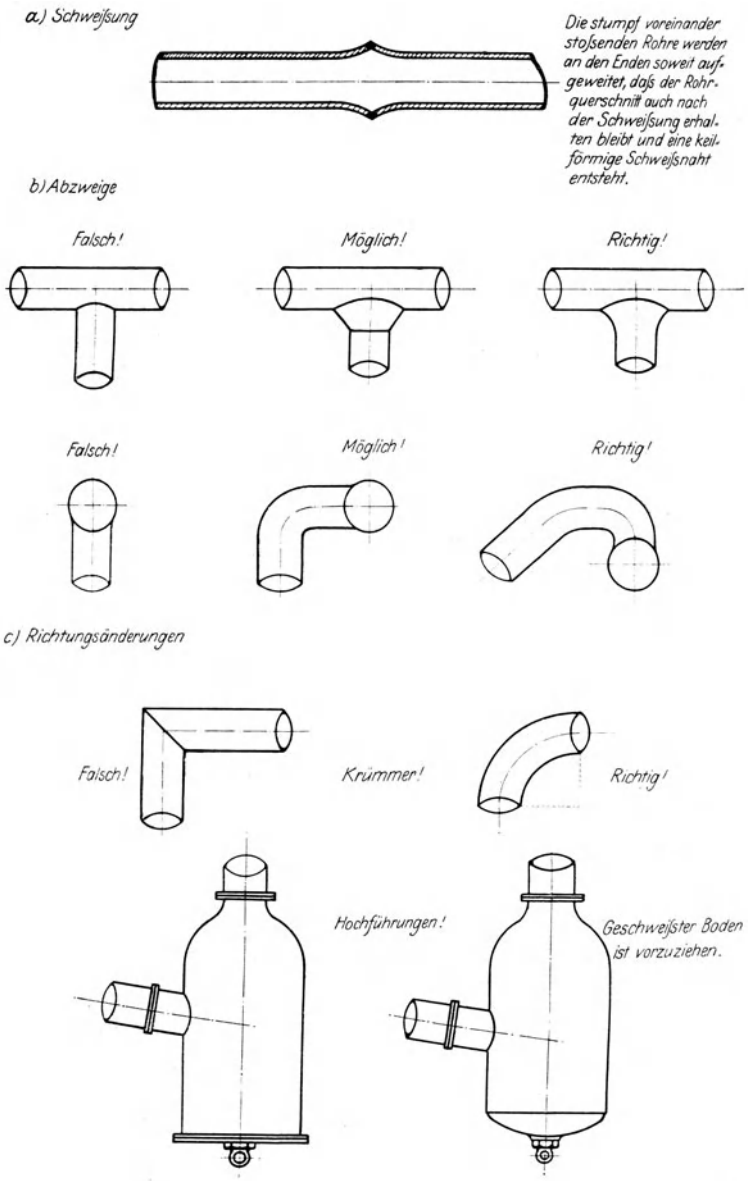
Den Rohrverbindungen ist ein erheblicher Grad von Wichtigkeit beizumessen.

Für die Hauptleitung wurden früher Flanschverbindungen nach den Normalien für Hochdruckleitungen vorgesehen. Die Anordnung von Nut und Feder war bei notwendigen Auswechselungen der Rohre oder der Packungen von Nachteil.

Heute ist man durchweg dazu übergegangen, die Rohrleitungen zu schweißen. Die Auswechslung defekter Rohrteile bietet nach dem heutigen Stande der Schweißtechnik keinerlei Schwierigkeiten.

Die Rohrverbindungen der Nebenleitungen und deren Anschluß an die Hauptleitung sowie die Abzweige werden stets geschweißt. Die Rohrverbindungen müssen mit Sorgfalt ausgeführt werden, weil — wie wir später sehen werden — sehr geringe Undichtigkeiten Luftverlust, d. h. Geldverbrauch in erheblichem Maße mit sich bringen.

Weiterhin können bei unsachgemäßer Führung der Leitungen und unzweckmäßiger Anordnung der Abzweige so erhebliche Reibungsverluste entstehen, daß eine bedeutende Druckminderung eintritt.


a.) Schweißung
Die stumpf voreinander stoßenden Rohre werden an den Enden soweit aufgeweitet, daß der Rohrquerschnitt auch nach der Schweißung erhalten bleibt und eine keilförmige Schweißnaht entsteht.
b.) Abzweige
Falsch!
Möglich!
Richtig!
Falsch!
Möglich!
Richtig!
c.) Richtungsänderungen
Falsch!
Krümmer!
Richtig!
Hochführungen!
Geschweißter Boden ist vorzuziehen.

Trotz der Einfachheit der für die richtige Ausführung der Rohranschlüsse anzustellenden Überlegungen werden hierbei immer noch grundlegende Fehler gemacht; nebenstehende Skizzen sollen auf einige Grundsätze bei der Anordnung von Rohranschlüssen usw. aufmerksam machen.

Zur Übertragung der Preßluft aus der festen Rohrleitung auf die Werkzeuge, bedient man sich der Preßluftschläuche.

Man kann wohl sagen, daß keiner der heute verwendeten Schläuche mustergültig ist, da sie durch Öl und Säuren stark angegriffen werden.

Es gibt zwei Hauptarten von Schläuchen: 1. eisenarmierte (Flachspirale, Drahtgewebe), 2. baumwolleumklöppelte (geteert oder vulkanisiert).

Nachteil der eisenarmierten Schläuche ist das Plattdrücken, wenn sie überfahren werden, und ihre Steifigkeit, die insbesondere am Werkzeug sich unangenehm bemerkbar macht, und aus diesem Grunde die Einschaltung eines etwa 1 m langen Schlauches ohne Drahtarmierung zwischen Werkzeug und drahtarmiertem Schlauch erfordert.

Die Drahtspirale soll stets aus Flachdraht bestehen. Die Endringe der Drahtspirale sind beim Abschneiden des Schlauches sorgfältig mit weichem Draht zu umwickeln und zu verlöten.

Baumwolleumklöppelte Schläuche haben eine gute Biegsamkeit und auch eine entsprechende Haltbarkeit; die Baumwolle ist mit einem Teeröl getränkt oder vulkanisiert. Beim Anschluß an die Kuppelung kann die Schelle auf die Baumwolleumklöppelung aufgelegt werden, während die Drahtarmierung stets entfernt werden muß.

Beim Ankauf der Schläuche ist auf beste Qualität und auf ölbeständigen Gummi Wert zu legen. Eine durchschlagende Verbesserung des Schlauchmaterials würde große Ersparnisse möglich machen.

Dasselbe gilt von den Schlauchkuppelungen, von denen zwar eine große Anzahl verschiedenartigster Konstruktionen vorhanden ist, von denen aber keine allen Anforderungen restlos genügt. Hönig, Lehmann, Froning, Froriep, Brieden beschäftigen sich mit der Konstruktion von Kuppelungen, ohne daß man bisher von dem Ergebnis befriedigt sein könnte.

Weitere Verbesserungen sind dringend erforderlich und verdienen die Aufmerksamkeit der Fachwelt.

Ausrüstung der Rohrleitung.

a) Dichtungen.

Bei Flanschenrohren treten Undichtigkeiten in der Leitung vornehmlich an den Flanschen auf und die Luftverluste können ganz erstaunlich hoch werden, so daß gutes Dichtungsmaterial eines der Haupterfordernisse ist. Besser ist es, Flanschverbindungen überhaupt zu vermeiden.

Die Ersatzdichtungen, die uns durch die Kriegsfolgen beschert wurden und die meist aus Papier oder Pappe bestanden, haben sich nicht bewährt. Sie verrotten allmählich infolge des Wassergehaltes der Luft. Selbst Gummidichtungen haben ihre Nachteile, weil sie durch den Ölgehalt der Preßluft stark angegriffen werden.

Die gebräuchlichste und erprobteste Dichtung ist die aus bestem Klingerit, das durch die Bestandteile der Preßluft wenig angreifbar ist und im übrigen die Vorteile der Gummidichtungen fast in vollem Maße besitzt.

b) Windkessel.

Erfahrungsgemäß läßt sich am äußersten Punkt der Rohrleitung ein Druckverlust von 0,5 atm. bei einem Betriebsdruck von durchschnittlich 6 atm. noch ertragen. Dieser Druckverlust tritt praktisch bei Leitungslängen von etwa 300 m ein.

Deshalb ist der Einbau eines Windkessels bei Entfernungen zwischen 200 und 300 m zu empfehlen. Bei größeren Entfernungen als 300 m ist der Einbau eines Windkessels notwendig, damit man nicht bei zeitweiliger Minderleistung des Kompressors unter den erforderlichen Druck herabsinkt.

Vielfach läßt sich bei Betriebserweiterungen der Einbau von Windkesseln wegen der einmal vorhandenen Leitungsquerschnitte gar nicht umgehen.

An welchen Stellen solche Windkessel anzuordnen sind, muß von Fall zu Fall entschieden werden. Innerhalb einer Ringleitung sind der oder die Windkessel so anzuordnen, daß die ganze Leitung möglichst den gleichen Druck hat.

Sind ortsfeste, stark luftfressende Maschinen vorhanden, so baut man in ihrer Nähe einen besonderen Windkessel unmittel-

bar vor diesen auf, und zwar so, daß er nicht etwa im Nebenschluß liegt, sondern daß die Luft ihn durchströmen muß und Wasser abscheiden kann. Der beste Windkessel ist eine reichlich weit bemessene Rohrleitung.

Werden von einer Kompressorzentrale mehrere entferntere Leitungsnetze gespeist (z. B. mehrere Betriebe), so wird man den Windkessel am zweckmäßigsten unmittelbar vor dem betreffenden Leitungsnetz aufstellen.

c) Abscheider.

Wasserabscheider sind innerhalb der Leitungsnetze an den tiefsten Punkten der Leitung anzuordnen und besonders an solchen Stellen vorzusehen, an denen eine stärkere Abkühlung der Leitung zu erwarten ist. An Punkten, wo die Rohrleitung aus einer Neigung im Sinne der Strömungsrichtung in eine Steigung übergeht, ist ebenfalls am Umkehrpunkt ein Entwässerungssack oder Wasserabscheider vorzusehen.

Die Wasserabscheider müssen in der kalten Jahreszeit gegen Einfrieren geschützt werden (Isolierung durch Strohumwicklung oder Aufstellung von Wärmeöfen).

d) Luftmesser.

Zur Feststellung des Preßluftverbrauches der einzelnen Betriebe dienen Preßluftmesser, die unmittelbar vor Eintritt der Preßluft in das betreffende Leitungsnetz eingebaut werden.

Diese Preßluftmesser sind von Wichtigkeit, wenn man die Preßluftwirtschaft verschiedener getrennter Fabrikationszweige unter Kontrolle halten will.

Ferner gebraucht man sie zur Prüfung der Werkzeuge auf ihre Abnutzung, damit man solche mit abnormal hohem Luftverbrauch instandsetzen oder ausscheiden kann.

Bekanntere Fabrikate sind die von Froning, Dortmund; Stabe, Berlin und Deutsche Preßluftwerke.

e) Druckmesser.

Zur Kontrolle der Druckverhältnisse werden an besonderen Stellen Druckmesser vorgesehen, die dem Betriebsleiter Auskunft erteilen über mangelhafte Leistung der Preßluftzentrale oder über unzulässige Verluste innerhalb seines eigenen Leitungsnetzes.

f) Absperrorgane.

Als Absperrorgane verwendet man Absperrschieber, -hähne und -ventile.

Die bisher bekannten Absperrorgane lassen vieles zu wünschen übrig. Sie sind der rauhen Behandlung in den Werkstattbetrieben nicht gewachsen, werden leicht undicht und bedürfen dauernder Kontrolle und häufiger Reparaturen. Eine Konstruktion, die allen Bedingungen genügt, ist bisher noch nicht in Vorschlag gebracht.

Relativ am geeignetsten ist noch das Niederschraubventil mit Metalldichtung, weil Hähne und Schieber weniger gut auf ihre absolute Dichtigkeit kontrollierbar sind.

Man wählt dann zweckmäßig ein Ventil mit größeren Abmessungen, als sie dem Leitungsquerschnitt entsprechen, um eine Drosslung des Luftstromes zu vermeiden, denn der Druckverlust durch Umlenkung innerhalb des Ventils ist nicht zu umgehen. Es ist mithin an eine Leitung von z. B. 2″ l. W. ein Ventil mit 2½″ l. W. anzuschließen, jedoch ist der Übergang nicht absatzweise, sondern durch konische Erweiterung des Rohrdurchmessers zu bewirken.

Verwendung.

1. Preßluftwerkzeuge.

Die im folgenden aufgeführten Verbrauchsdaten für Hämmer wurden als Mittelwerte festgestellt bei einer Prüfung von Werkzeugen dreier verschiedener Fabrikate unter nachstehenden Bedingungen:

1. vollkommen dichte Leitungen zwischen Preßluftmesser und Werkzeug;
2. das Werkzeug ununterbrochen arbeitend;
3. das Werkzeug fast neu und gut eingelaufen;
4. der Preßluftmesser ein Kubizierapparat, d. h. ein Schwimmer durch den Luftstrom gehoben.

Meißelhammer	0,69 cbm	min	angesaugte	Luft
Niethammer	1,2	,,	,,	,,

An weiteren Preßluftwerkzeugen sind zu nennen: Nietmaschinen, Bohrmaschinen, Gegenhalter, Nietfeuer.

Für die Berechnung der Kompressorleistung ist

zu 1. ein Zuschlag von 25 % zu machen für Undichtheiten in der gesamten Rohrleitung;

zu 2. ein Abzug von 50 % für Arbeitspause des Werkzeugs infolge Herrichtung der zu schlagenden Niete zu machen;

zu 3. ist ein Zuschlag von etwa 30 % zu geben, da der Luftverbrauch durch den Verschleiß des Werkzeugs steigt.

Die Wirkungsweise und Verwendung der Werkzeuge sind so bekannt, daß darüber wohl nichts zu sagen sein dürfte.

Die Einzelfabrikate unterscheiden sich durch ihre Konstruktion, die mitunter direkten Spezialzwecken angepaßt ist, z. B. Spantennieter usw. Deshalb sind auch Werturteile über die

einzelnen Fabrikate nicht möglich, weil sie stets subjektive Auffassung des Beurteilers bleiben müssen; doch sind geringes Eigengewicht, geringer Verbrauch an Ersatzteilen, geringer Luftverbrauch bei guter Schlagleistung, kleiner Rückschlag und möglichst geringer Lärm zu fordern.

Auch über die Frage, ob man nur ein System in seinem Betriebe zulassen soll, oder ob man mehrere Systeme verwenden soll, kann man verschiedener Meinung sein. Die Einführung nur eines Systems hat den Vorteil, daß das Ersatzteillager beschränkter sein kann und die Ersatzteilbeschaffung erleichtert wird.

Der Vorteil der Beibehaltung mehrerer Systeme liegt in der größeren Unabhängigkeit von den Herstellerfirmen und darin, daß man sich von den auf Spezialgebrauch gerichteten Besonderheiten der verschiedenen Konstruktionen stets die bestgeeignete wählen kann.

Im einzelnen ist vielleicht noch zu erwähnen, daß der Meißelhammer im Eisenbau ein vorzügliches Universalinstrument ist. Seine große Regulierbarkeit und sein verhältnismäßig geringer Luftverbrauch sind seine hervorragenden Eigenschaften. Er eignet sich zum Verputzen von Eisenkonstruktionen, Bearbeiten von Blechkanten, Stemmkanten, Schlitzen, Verputzen von Versenknieten, zum Schlagen kleiner Nieten und ganz besonders als Stemmhammer.

An Niethämmern besitzt die Preßlufttechnik eine so reichhaltige Auswahl, daß nahezu allen Sonderwünschen gedient werden kann. Der Einströmstutzen des Hammers wird für die Zwecke des Eisenbaues am besten senkrecht zur Schlagachse gewählt, damit in allen Lagen des Hammers eine möglichst geringe Abbiegung des Schlauches gewährleistet wird. Es ist beabsichtigt, über die beste Lage des Einströmstutzens noch weitere Untersuchungen anzustellen. Auf die Form des Döppers ist Wert zu legen, vor allem soll der Rand etwa 1—1,5 mm breit und abgerundet sein, doch dürfte der Rand nicht zu stumpf sein, damit mit diesem Döpper der Grat des Nietes beim Nieten beseitigt werden kann und ein besonderes Verputzen der Niete vermieden wird.

Die Gewichte der Hämmer schwanken je nach der gewünschten Schlagkraft.

Die Nietmaschinen haben mit ihren hydraulischen und elektrischen Schwestern den großen Vorteil gemeinsam, daß sie ihre

Tätigkeit ohne störenden Lärm ausüben. Hierzu kommt als weiterer Vorteil noch die große Druckkraft und der geringe Luftverbrauch der Nietmaschine sowie ihr geringer Werkzeugverbrauch; doch setzen die Nietmaschinen erstklassige Transportverhältnisse in der Werkstatt voraus, damit entweder das Werkstück oder die Nietmaschine schnell und leicht an den Arbeitsplatz gebracht werden können.

Nachteilig ist dagegen, daß beim Wechseln der Stärke der zu vernietenden Teile ein Verstellen des Döppers notwendig wird.

Erlaubt ist hier vielleicht der Hinweis auf die elektrischen Nietmaschinen und ihre hohe Wirtschaftlichkeit.

Der Kraftverbrauch dieser Maschinen ist etwa ein Siebentel der Preßluftmaschinen. Auch hier erschwert das große Gewicht der elektrischen Nietmaschinen den Transport derselben, so daß es zweckmäßig ist, an den Hauptzusammenbauplätzen Aufhängevorrichtungen (Schwenker) für die Nietmaschinen anzubringen und den Transport innerhalb der Zusammenbauhallen durch den Laufkran zu bewerkstelligen.

Die Preßluftbohrmaschinen sind in ihrer heutigen Ausführung große Luftfresser und deshalb unwirtschaftlich. Sie sollten nur verwendet werden, wenn elektrischer Strom für elektrische Aufreiber nicht zur Verfügung steht.

Die Preßluftnietfeuer haben den Nachteil, daß sie einmal geschaffene Energie wieder vernichten, weil der Luftdruck der Leitungen vor Eintritt in die Feuer durch Reduziervorrichtungen (Düsen usw.) künstlich verringert werden muß. Der sparsame Betriebsmann muß das Preßluftnietfeuer also verwerfen und hierfür entweder eine besondere Windleitung anlegen oder Feuer mit eigenem Gebläse anschaffen.

Die durch besondere Gebläseanlage zur Versorgung der Schmiedefeuer zu erzielenden Ersparnisse sind nicht unbedeutend, wie sich durch die folgende Gegenüberstellung, die von einer Firma des DEV. angegeben wurde, bei 1 M. für die Kilowattstunde ergibt.

a) 10 Schmiedefeuer brauchen $10 \times 0{,}5 = 5$ cbm/min. Für 1 cbm angesaugte Luft im Kompressor sind bei 6 atm. Überdruck 6 PS. erforderlich, oder eine elektrische Leistung von $\frac{6 \cdot 0{,}736}{0{,}92 \cdot 0{,}9} = 5{,}3$ KW hochspannungsseitig, bei einem

Transformatorwirkungsgrad von 92 % und Kompressorwirkungsgrad von 90 %. Also betragen die Stromkosten 5,3 M. pro Stunde, oder 0,089 M. pro Minute oder rund 0,10 M. für 1 cbm angesaugte Luft. Demnach kosten 10 Schmiedefeuer rund 0,5 M. pro Minute oder 30 M. pro Stunde oder $30 \times 8 \times 300 = 72000$ M. pro Jahr.

b) 10 Schmiedefeuer benötigen zum Antrieb ihrer Ventilatoren 4 Kleinmotore mit einer Gesamtleistung von 6,5 PS. oder $\frac{6{,}5 \cdot 0{,}736}{0{,}92 \cdot 0{,}8} = 6{,}5$ KW. hochspannungsseitig, bei einem Transformatorwirkungsgrad von 92 % und einem Wirkungsgrad für Kleinmotore von 80 %. Mithin $6{,}5 \times 8 \times 300 = 15600$ Kilowattstunden pro Jahr ist 15600 M. pro Jahr.

Das würde also gegenüber den Preßluftnietfeuern eine Ersparnis von 56400 M. bedeuten.

Es sei bei dieser Gelegenheit noch auf zwei Spezialverwendungen der Preßluft hingewiesen: das Farbspritzverfahren und das Anwärmen von Schiffsplatten.

Das Farbspritzverfahren eignet sich hervorragend für den Anstrich großer Flächen. Probeversuche haben ergeben, daß sowohl eine Ersparnis an Material als auch an Löhnen vorhanden ist. Bei Anstrich von Stabkonstruktionen ist die Ersparnis an Material zu sehr abhängig von der Aufmerksamkeit und Geschicklichkeit des Arbeiters, als daß man ein abschließendes Urteil fällen könnte.

Zum Anwärmen von stark zu biegenden Blechen (Kimmbleche im Schiffbau) haben sich Wärmefeuer, die man an den Blechrand anhängt und mit Preßluft anbläst, ausgezeichnet bewährt. Das Verfahren wurde in der alten Schiffbautechnik auch angewandt, jedoch mangels Preßluft nur mit einfacher Koksfeuerung in kleinen korbähnlichen Behältern, was sehr langwierig ist.

2. Wirtschaftliches.

Von den meisten Eisenbaubetrieben ist zu sagen, daß sie der Frage der Preßluftwirtschaft bisher nicht die Bedeutung beimessen, die ihr zukommt. Die Preßluft ist ihnen leider weiter nichts als eben Luft. Dem Arbeiter keinesfalls, dem Vorarbeiter

selten, dem Meister allenfalls ist die These einzuhämmern, daß die Preßluft, die er durch Hahnaufdrehen ebenso leicht haben kann wie Wasser, ein äußerst kostbares Betriebsmittel ist.

Der Betriebsleiter begegnet meistens verständnislosem Achselzucken, wenn er sich über eine kleine Undichtigkeit aufregt.

Und doch machen gerade auf dem Gebiet der Luftverluste viele Wenig ein Viel.

Durch 1 qcm Querschnitt strömt ein Luftvolumen von

$$V = 4{,}18 \times \sqrt{T} \text{ — cbm/Std.}$$

Für normale Temperaturen ist dieser Wert etwa gleich 70 cbm/Std.

Bei einem mittleren Betriebsdruck von 6 atm. würde die in einer Stunde entströmende Luftmenge sein

$$V = 7 \times 70 = 490 \text{ cbm.}$$

1 cbm angesaugte Luft von 6 atm. Überdruck kostet bei 1 Mark KW. am Kompressor etwa 10 Pf., mithin kostet eine Stunde von 490 cbm rund 50 M. Rechnet man das Jahr zu 2400 Stunden, so erzeugen Undichtigkeiten von insgesamt 1 qcm Querschnitt einen jährlichen Verlust von

$$2400 \cdot 50 = 120000 \text{ M.}$$

Diese Zahl gibt entschieden zu denken.

Eine gleich große Wichtigkeit ist den Druckverlusten beizumessen, die bei unzweckmäßiger Leitungsanlage genau so hohe Werte erreichen können als die Luftverluste.

Es verlohnt sich also, wenn man eine besondere Luftkontrolle mit der Überwachung der Preßluftanlagen betraut, dieses um so mehr, als unreife Elemente der Belegschaft in den Preßluftanlagen eine leichte und unauffällige Gelegenheit zur Sabotage erblicken können.

Der Luftkontrollbeamte muß die Arbeitspausen zur Feststellung der Undichtigkeiten wahrnehmen, und es empfiehlt sich, ihm eine Arbeitszeit zu geben, die gegen die Arbeitszeit der Belegschaft verschoben ist, derart, daß es ihm möglich ist, kleinere Reparaturen sofort auszuführen.

Der Kontrollbeamte muß von größtem Verantwortungsgefühl beseelt und ein für Preßluft besonders ausgebildeter Schlosser sein.

Aus dem Bestreben heraus, überall Ersparnisse bei der Preßlufterzeugung zu machen, um sie weiterhin zu verbilligen, sucht man das Kühlwasser der Kompressoren für Waschkauen und ähnliches zu verwenden.

Dazu muß man das Kühlwasser auf etwa 45° Wärme bringen, was ohne weiteres möglich ist, wenn man die Zufuhr drosselt, d. h. mit wenig Wasser fährt.

Bei schlechter Rückkühlung der Preßluft hat man aber in der Hochdruckstufe eine Mehrarbeit zu gewärtigen, nämlich bei 6° Minderrückkühlung rund 1 %.

Es entsteht demnach ein Mehrverbrauch an elektrischer Energie, der uns zwingt, die Wirtschaftlichkeit der Kühlwasserverwendung von Fall zu Fall genau zu untersuchen. Um an Kühlwasser zu sparen, resp. alles im Betrieb verbrauchte Wasser erst zum Kühlen des Kompressors zu verwenden, kann die nachstehend beschriebene Anlage geschaffen werden.

Eine Kühlwasserschleuderpumpe, direkt gekuppelt mit elektrischem Motor, drückt das Wasser in den Kompressor hinein, von dort fließt es erwärmt einem Wasserspeicher (alter Dampfkessel) zu, der etwa einen Kühlwassertagesbedarf faßt. Dieser Speicher ist stehend angeordnet und hat eine Höhe von etwa 8 m, so daß sich unten das kalte Wasser und oben das warme befindet. Um das Wasser im oberen Teil, das etwa 25° C hat, weiter zum Baden mit etwa 35° und zum Waschen zu verwenden, wird im oberen Drittel des Wasserspeichers eine Heizschlange eingebaut, zum Nachwärmen des Wassers. Aus dem oberen Teil wird also das Badewasser abgezapft, während der untere Teil des Wasserspeichers durch einen zweiten Rohrstrang mit dem Saugstutzen der Kühlwasserpumpe in Verbindung steht; dies ist die sogenannte Kaltwasserleitung. Das verbrauchte Warmwasser — das ganze Umlaufsystem einschließlich Wasserspeicher ist dauernd vollständig mit Wasser angefüllt — wird durch Anschluß der Kaltwasserleitung an einen Hochbehälter von etwa 1 cbm Inhalt, der ständig mit Frischwasser vermittels Schwimmerventil aufgefüllt wird, ersetzt. Bei geeigneter Anlage ist es also möglich, an alle Punkte des Fabrikgeländes sowohl kaltes wie warmes Wasser zu bringen und alles aus der Warmwasserleitung entnommene Wasser durch Frischwasser zu ersetzen, das zunächst zur Kompressorkühlung benutzt wird. Der Druck in der Um-

laufleitung beträgt je nach Höhenlage des Frischwasserbehälters 15—20 m Wassersäule.

Der Wirtschaftlichkeit des Betriebes in weiterem Sinne dient auch das selbstregistrierende Manometer. Die Akkordarbeiter, die mit Preßluft arbeiten, versuchen häufig Zusatzakkorde unter der Begründung zu erzwingen, daß der Luftdruck nicht ausreichend gewesen sei.

Dieser Einwand hört mit dem Augenblick auf, wo durch den selbstregistrierenden Druckmesser der Beweis für die Unrichtigkeit der Behauptung erbracht werden kann.

Das Gebiet der Preßlufterzeugung, Fortleitung und Verwendung bietet der wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Forschung und den dabei anzustrebenden Verbesserungen noch einen weiten Raum, und der Wert der Materie sollte verlockend genug sein, die Weiterarbeit im Sinne der Wirtschaftlichkeit zu fördern.

Es ist beabsichtigt, praktische Weiterarbeit durch ständige Ergänzung und Verbesserung der vorliegenden Ausführungen zu leisten und fortlaufend darüber zu berichten.