

Die Betriebskosten sind durch den Widerstand  $w$  der Leitung bedingt, der in Metern Wassersäule ausgedrückt, aus  $w = \lambda \cdot \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$ , Spalte 8, folgt.  $\lambda$  ist darin nach der Gleichung von Lang aus:

$$\lambda = 0,009 + \frac{a}{\sqrt{d}} + \frac{0,0019}{\sqrt{v \cdot d}}$$

mit  $a = 0,012$  für Rohre mit dünner Ansatzschicht ermittelt. Aus  $w$  und der sekundlichen Wassermenge  $Q$  ergibt sich schließlich der Betriebsverlust  $N$  in Pferdestärken:

$$N = 1000 \cdot \frac{Q \cdot w}{75} \text{ PS,}$$

der bei 3000 Betriebsstunden mit 150 M für eine Jahrespferdekraft angesetzt, zu den Betriebskosten in Spalte 10 führt. Sie sind in Abb. 719 durch die mit dem Rohrdurchmesser fallende Linie  $CD$  dargestellt. Der wirtschaftlichste Durchmesser ist nach dem Kleinstwert, den die Summe der Kosten  $K + K_1$ , Spalte 11 und Linie  $EF$  annimmt, 475 mm.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$d$	$f$	$v$	$G$	$K$	$0,1 \cdot K$	$\lambda$	$w$	$N$	$K_1$	$K + K_1$
mm	m <sup>2</sup>	m/sek	kg	M	M		m Wasser- säule	PS	M	M
350	0,0962	2,01	496	29700	2970	0,0316	18,6	50,7	7600	10570
400	0,125	1,54	587	35100	3510	0,0304	9,2	23,8	3570	7080
450	0,159	1,22	680	41100	4110	0,0295	4,95	12,8	1920	6030
500	0,196	0,99	807	48400	4840	0,0287	2,86	7,4	1110	5950
550	0,238	0,815	914	54900	5490	0,0281	1,78	4,6	690	6180

## VII. Anlage von Rohrleitungen.

Allgemein gilt, daß die gesamte Anlage möglichst einfach, übersichtlich und in allen wesentlichen Teilen leicht zugänglich sein soll. Klare, einfache Rohrleitungspläne bilden schwierige, aber wichtige Teile des Entwurfes einzelner Maschinen und in erhöhtem Maße der Pläne ganzer Anlagen. Verwickelte Rohrleitungen sind teuer; meist geben sie auch durch vermehrte Widerstände erheblich größere Betriebsverluste, sind empfindlicher, schwieriger zu bedienen und im Stand zu halten! Man vermeide jede unnötige Krümmung und beschränke die Zahl der Teile, Anschlüsse und Verbindungsstellen soweit als möglich, jedoch unter Wahrung leichten Zusammenbaues und Wiederauseinandernehmens. Bei Stahlrohren geht man z. B. in neuerer Zeit mehr und mehr zur Schweißung der Stoßstellen, Abb. 709 und zum Anschweißen von Stutzen und Abzweigen unter Vermeidung von Formstücken über. Alle Verbindungsstellen an Rohren unter hohem Druck müssen zugänglich gehalten und so angeordnet werden, daß sich sämtliche Schrauben gleichmäßig anziehen lassen. Zu dem Zwecke sollen die Abstände, in denen die Rohre längs der Wände laufen, genügend groß, Kanäle, in denen sie liegen, weit und nicht zu tief sein. Der Zusammenbau der Leitungen muß, soweit nicht Ausgleichvorrichtungen Vorspannungen zweckmäßig erscheinen lassen, spannungsfrei erfolgen. Besondere Sorgfalt beim Verlegen und Abdichten ist Rohren, die im Betriebe unter Unterdruck stehen, zuzuwenden, weil es an ihnen, im Gegensatz zu solchen mit Überdruck, erheblich schwieriger ist, undichte Stellen nachzuweisen.

An liegenden Muffenrohren sollen die Muffen nach Möglichkeit der Strömungsrichtung entgegengesetzt angeordnet sein, damit die Bewegungswiderstände an den Rohrstoßen geringer werden. In Rücksicht auf Nachgiebigkeit und Formänderung durch verschiedene Wärmegrade werden die Rohre zweckmäßigerweise mit etwas Spiel in der Längsrichtung verlegt. Bei senkrechter oder steil-schräger Lage sollen die Muffen des leichteren Zusammenbaues und Einbringens der Dichtung wegen stets aufwärts

gerichtet sein. Da sich die Rohre durch ihr Eigengewicht aufeinanderstützen, muß an längeren Leitungen, die Temperaturschwankungen unterworfen sind, z. B. an im Freien liegenden, Ausdehnungsmöglichkeit durch gelegentlich angeordnetes größeres Spiel oder durch Stopfbüchsen unter geeigneter Stützung der Leitung vorgesehen werden.

Stets ist auf die Verwendung normaler Teile hinzuwirken. Einheitliche Sinnbilder für Rohrleitungsteile sind in DIN 2429 und 2430 festgelegt worden.

Bei Anlagen mit verschiedenen Betriebsmitteln empfiehlt es sich, der Übersichtlichkeit wegen dringend, Farben zur Kennzeichnung und Unterscheidung der einzelnen Rohrstränge zu benutzen. Auf Grund der Arbeiten eines Ausschusses [VIII, 5] und darauf fußend, des Normenausschusses der deutschen Industrie, sind zu dem Zwecke die folgenden Grundfarben der DIN 2403 vereinbart worden: Grün für Wasser, Gelb für Gas, Blau für Luft, Rot für Dampf, Grau für Vakuum, Orange für Säuren, Lila für Lauge, Braun für Öl, Schwarz für Teer. Durch schmale, über die Grundfarben gelegte Querstreifen lassen sich noch Unterarten des Leitungsinhaltes, ferner die Höhe der Pressung, die Temperatur u. dgl. kenntlich machen. Die Bezeichnung der Rohre erfolgt unmittelbar unter Verwendung hitzebeständiger Farben oder durch emaillierte oder lackierte Blechbänder von etwa 10 bis 15 cm Breite, die an den Kreuzungspunkten oder an sonst wichtigen Stellen um die Rohre gelegt werden oder durch farbige Pfeile, die gleichzeitig die Stromrichtung angeben. Durch Anbringen von Rippen läßt sich den Bändern ein gewisser Abstand geben, um sie der Einwirkung der Rohrtemperatur zu entziehen. Auch gegen Hitze und Feuchtigkeit unempfindliche Porzellanschilder sind vorgeschlagen worden, die mit Drähten an die Leitungen angehängt werden können.

Die gleichen Farben sollen auch auf Rohrplänen benutzt werden. Unterschiede bezüglich des Leitungsinhaltes u. dgl. sind durch helleres oder dunkleres Abtönen der Grundfarbe zu kennzeichnen und in einer Farbentafel auf der Zeichnung zu erläutern.

Der Werkstoff der Rohre ist abhängig von der Art, dem Druck, der Temperatur und der Geschwindigkeit der durchzuleitenden Betriebsmittel oder Stoffe und so zu wählen, daß er durch deren mechanische oder chemische Wirkungen nicht oder nur in verschwindendem Maße angegriffen wird oder die durchgeleiteten Stoffe nicht schädigt.

Bei Entwurf und Verlegung der Leitungen ist für eine sichere und gute Unterstützung, bei Rohren, die verschiedenen Wärmegraden ausgesetzt sind, für die Ausdehnungsmöglichkeit Sorge zu tragen. Dem ersten Punkt werden am einfachsten im Boden verlegte Rohrleitungen gerecht, wenn sie auf gewachsenem Erdreich ruhen und gut hinterfüllt und unterstopft werden. Besonders gefährdet sind die Rohre an den Übergangstellen von festem in lockeren Boden oder an den Einführungspunkten in Gebäude. Dort ist darauf zu achten, daß sie durch Senkungen des Bodens oder des Mauerwerks nicht auf Biegung beansprucht werden, wie es z. B. beim vollständigen Einmauern derselben in einer Gebäudewand der Fall wäre.

Große Schwierigkeiten bieten Rohrleitungen auf unsicherem oder aufgeschüttetem Grunde, indem die dort unvermeidlichen unregelmäßigen Senkungen selbst bei zähen Baustoffen oft Brüche hervorrufen. Stahlrohre sind in dem Falle den spröden gußeisernen unbedingt überlegen. Wegen der leichteren Anpassung an die Unebenheiten des Bodens und wegen der Vermeidung der Schrauben, die im feuchten Erdreich stark rosten, sind Muffenrohre bei nicht zu hohen Drucken Flanschenrohren vorzuziehen, verlangen aber eine sichere Festlegung der End- und Knickpunkte, weil größere Längskräfte durch die gewöhnlichen Muffen nicht übertragen werden können.

Freiliegende Leitungen müssen in genügenden Abständen unterstützt werden, um schädlichen Nebenbeanspruchungen durch das Eigengewicht und durch den Inhalt — auf Biegung bei wagrechter Lage, auf Druck oder Knickung bei senkrechter Anordnung —, zu begegnen, die nicht selten zu Brüchen und zum Undichtwerden der Dichtstellen Anlaß geben. In erster Linie wird man dazu die Abzweig- und Kreuzungsstellen, manchmal auch die Eckpunkte benutzen, weil die dort verwandten Formstücke meist Gelegenheit zum Anbringen von Füßen, Stützen, Rippen usw. bieten und weil dadurch diese besonders

wichtigen Punkte festgelegt und gegenseitige Einwirkungen längerer Rohrstränge aufeinander vermieden werden. Eine Ausnahme bilden Leitungen, die starken Wärmeschwankungen unterworfen sind, vgl. Seite 395. Beispiele für Unterstützungen zeigen die Abb. 731 und 720 bis 723. Abb. 731 Eckunterstützung, Abb. 720 Aufhängung einer

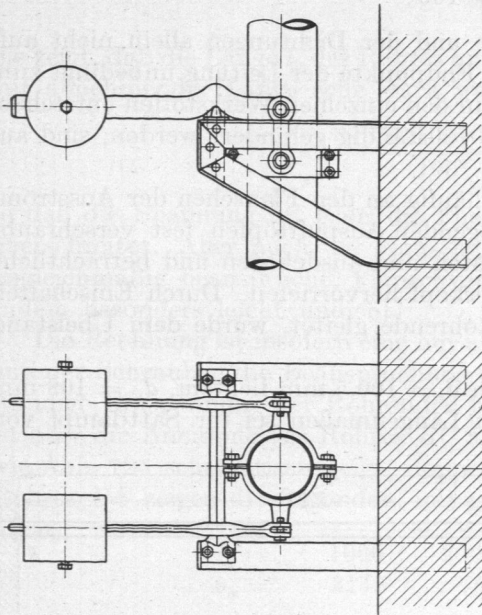


Abb. 720. Unterstützung einer Schachtleitung.

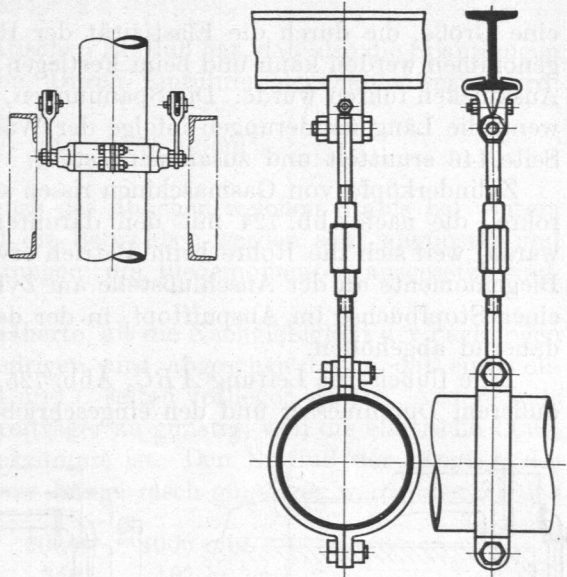


Abb. 721. Aufhängung einer Leitung.

Schachtleitung unter Ausgleich des Eigengewichts. Liegende Rohre werden an Zwischenpunkten nach Abb. 721 aufgehängt oder nach Abb. 722 und 723 auf Rollen gelagert, Vorrichtungen, die gleichzeitig Längenänderungen durch die Wärme zulassen.

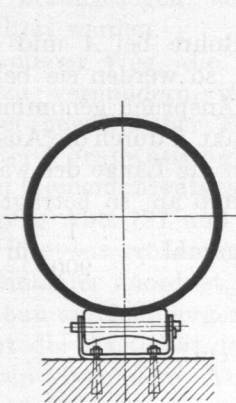


Abb. 722. Lagerung auf Rollen.

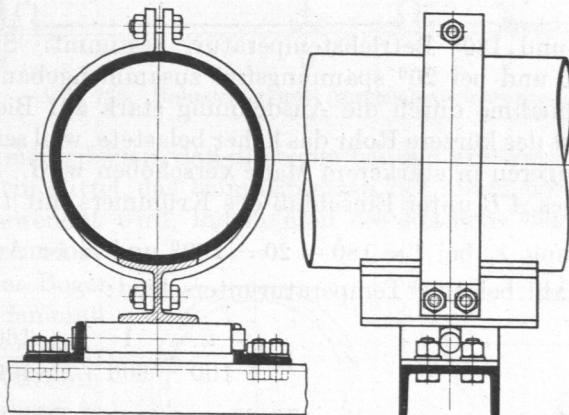


Abb. 723. Stützung durch Rollen. Gesellschaft für Hochdruckrohrleitungen, Berlin.

Kleinere Rohrleitungen, wie sie z. B. als Brennstoff-, Öl- und Kühlwasserleitungen an Maschinen vorkommen, müssen durch Schrauben oder Schellen in um so kürzeren Abständen sicher gehalten werden, je stärkeren Erschütterungen oder Stößen sie z. B. an bewegten Teilen oder an Fahrzeugen ausgesetzt sind, um Eigenschwingungen, die häufig Brüche zur Folge haben, nach Möglichkeit auszuschalten.

Der Einfluß der Wärme sei an einigen Beispielen erläutert. Eine  $L = 50$  m lange, gerade, schmiedeiserne Leitung für überhitzten Dampf von  $t = 350^\circ$  Betriebstemperatur

erfährt bei Erwärmung von 0 auf 350° bei einer Wärmeausdehnungszahl  $\gamma = \frac{1}{900}$  für 100° Temperaturunterschied eine Verlängerung:

$$\lambda = L \cdot \gamma \cdot \frac{t}{100} = 5000 \cdot \frac{1}{900} \cdot \frac{350}{100} = 19,5 \text{ cm},$$

eine Größe, die durch die Elastizität der Rohre und der Dichtungen allein nicht aufgenommen werden kann und beim Festlegen der Endpunkte der Leitung unbedingt zum Ausknicken führen würde. Die Spannungen, die in den einzelnen Werkstoffen entstehen, wenn die Längenänderungen infolge der Wärme vollständig gehindert werden, sind auf Seite 146 ermittelt und zusammengestellt.

Zylinderköpfe von Gasmaschinen rissen sehr häufig an den Flanschen der Ausströmröhre, die nach Abb. 724 mit den darunter liegenden Auspufftöpfen fest verschraubt waren, weil sich die Rohre beim Betrieb erwärmten und ausdehnten und beträchtliche Biegemomente an der Anschlußstelle am Zylinderkopf hervorriefen. Durch Einschalten einer Stopfbüchse im Auspufftopf, in der das Rohrende gleitet, wurde dem Übelstand dauernd abgeholfen.

Eine flußeiserne Leitung  $ABC$ , Abb. 725, von  $d_i = 100,5$  mm lichtigem,  $d_a = 108$  mm äußerem Durchmesser und den eingeschriebenen Längenmaßen sei für Sattldampf von

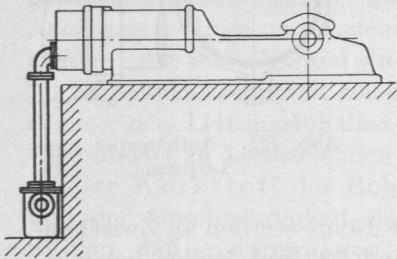


Abb. 724.

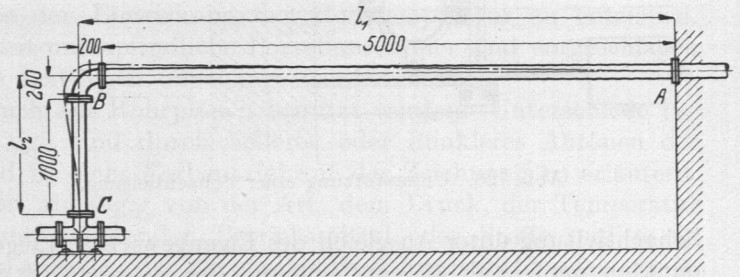


Abb. 725. Formänderungen an einer Rohrleitung bei der Erwärmung.

10 at und 180° Betriebstemperatur, bestimmt. Sind die Rohre bei  $A$  und  $C$  eingespannt und bei 20° spannungsfrei zusammengebaut worden, so werden sie bei der Inbetriebnahme durch die Ausdehnung stark auf Biegung in Anspruch genommen. Und zwar ist das kürzere Rohr das höher belastete, weil sein Endpunkt  $B$  durch die Ausdehnung des längeren in stärkerem Maße verschoben wird. Setzt man die Länge des wagrechten Stranges  $AB$  unter Einschluß des Krümmers mit  $l_1 = 5200$  mm an, so beträgt die Verlängerung  $\lambda_1$  bei  $t = 180 - 20 = 160^\circ$  und einer Ausdehnungszahl  $\gamma = \frac{1}{900}$  für weichen Flußstahl bei 100° Temperaturunterschied:

$$\lambda_1 = \gamma \cdot l_1 \cdot \frac{t}{100} = \frac{1}{900} \cdot 520 \cdot \frac{160}{100} = 0,925 \text{ cm}.$$

Betrachtet man nun diese Verlängerung als Durchbiegung eines bei  $C$  eingespannten, bei  $B$  durch eine Einzelkraft  $P$  belasteten Freitragers  $BC$ , so ergibt sich die dazu nötige Belastung  $P$  nach Zusammenstellung 5, S. 24, lfd. Nr. 1 aus:

$$\lambda_1 = \frac{\alpha \cdot P \cdot l_2^3}{3J},$$

wenn  $\alpha$  die Dehnungszahl des Werkstoffes,  $J$  das Trägheitsmoment des Trägers, also der Rohrwandung ist. Die Biegebeanspruchung  $\sigma_b$  im Querschnitt  $C$  durch  $P$  würde:

$$\sigma_b = \frac{P \cdot l_2}{J} \cdot \frac{d_a}{2}$$

sein. Setzt man den Wert von  $P = \frac{3J \cdot \lambda_1}{\alpha \cdot l_2^3}$  aus der oberen Gleichung in die untere ein, so folgt als Beziehung zwischen  $\sigma_b$  und  $\lambda_1$ :

$$\sigma_b = \frac{3 \lambda_1}{\alpha \cdot l_2^2} \cdot \frac{d_a}{2}.$$

Sie zeigt, daß die Länge  $l_2$  des Rohres quadratischen Einfluß hat, daß also die Spannungen mit abnehmender Länge sehr stark wachsen. Durch Einführen der Zahlenwerte wird:

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot 0,925 \cdot 2100000}{100^2} \cdot 5,4 = 3145 \text{ kg/cm}^2,$$

so daß die Spannung im Rohr die Fließgrenze des üblichen weichen Stahls bei weitem überschreitet. Aber auch die Flansche und die Schrauben werden sehr ungünstig und ungleichmäßig beansprucht, Flanschverbindungen, die Biegemomenten ausgesetzt sind, zudem besonders leicht undicht!

Die Rechnung ist insofern eine nur angenäherte, als die Nachgiebigkeit der Packungen und der Schrauben die Beanspruchung erniedrigen wird, abgesehen davon, daß eine vollständige Einspannung der Rohrenden bei  $A$  und  $C$  selten vorliegen dürfte. Andererseits ist aber die Annahme des Rohres  $BC$  als Freitragler zu günstig, weil die elastische Linie, wie Abb. 725 schematisch zeigt, doppelt gekrümmt ist. Den Einfluß der Länge  $l_2$  des Rohres  $BC$  zeigen die folgenden, mit größerer Länge rasch günstiger werdenden Zahlen für  $\sigma_b$ :

$l_2 =$	1000	2000	3000	4000 mm
$\sigma_b =$	3145	786	349	197 kg/cm <sup>2</sup> .

Bei genügender Länge der beiden Rohrstränge ist es mithin möglich, die durch die Wärme bedingten Formänderungen durch die Elastizität der Rohre aufzunehmen, ein Umstand, der bei der Anlage von Dampfleitungen häufig benutzt wird, indem die Ecken nicht zur Unterstützung herangezogen, sondern frei gehalten werden.

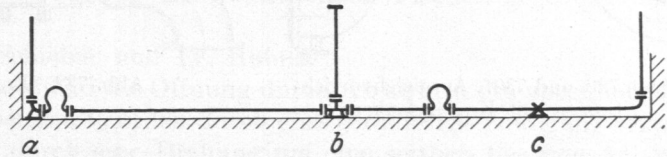


Abb. 726. Rohrstrang mit Ausgleichvorrichtungen.

Ein anderer Weg, die Spannungen zu vermindern, ist, die Rohre bei gewöhnlicher Temperatur unter Vorspannung so zusammenzubauen, daß diese den bei der Erwärmung auftretenden Momenten entgegenwirkt, ein Mittel, das beim Einsetzen der unten erwähnten Federbogen, Abb. 727 und 728, angewendet wird, indem man die Flansche des Rohrstranges in etwas größerem Abstände und geneigt zueinander anordnet, so daß der Bogen beim Einbau auseinandergezogen werden muß.

Reicht die Elastizität der Rohre nicht aus, so müssen besondere Ausgleichvorrichtungen eingeschaltet werden. In einem geraden Stränge, Abb. 726, an dem die Punkte  $a$ ,  $b$  und  $c$  festgelegt sind, sind zwei derartige Vorrichtungen nötig.

Die einfachsten und billigsten Formen für Leitungen bis zu 400 mm Durchmesser sind, sofern genügender Raum zur Verfügung steht, Rohrbogenausgleicher oder Federbogen, Abb. 727, 728 aus Kupfer (bis 200°) oder weichem Schmiedeeisen. Sie zeigen gewöhnlich runden Querschnitt, werden aber auch nach einem D. R. G. M. der Gesellschaft für Hochdruckleitungen mit elliptischem ausgeführt, um die Beanspruchung des Rohres in den äußeren Fasern durch die Biegung geringer zu halten. Ihr Krümmungs-

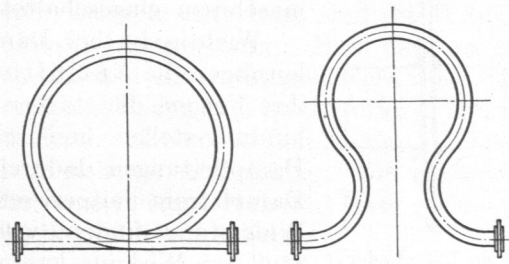


Abb. 727 und 728. Federbogen.

halbmesser soll mindestens gleich dem fünffachen des lichten Rohrdurchmessers sein. Die gebräuchlichen Federrohre pflegen 50 bis 100 mm Verschiebung zuzulassen.

Ausgleichsvorrichtungen mit Kugelgelenken und metallischen, geschliffenen Dichtflächen nach Abb. 729 und 730 geben erfahrungsgemäß häufig Anlaß zu Undichtigkeiten und schwierigen, störenden Nacharbeiten. Solche mit Metallschläuchen liefert die Metallschlauchfabrik Pforzheim.

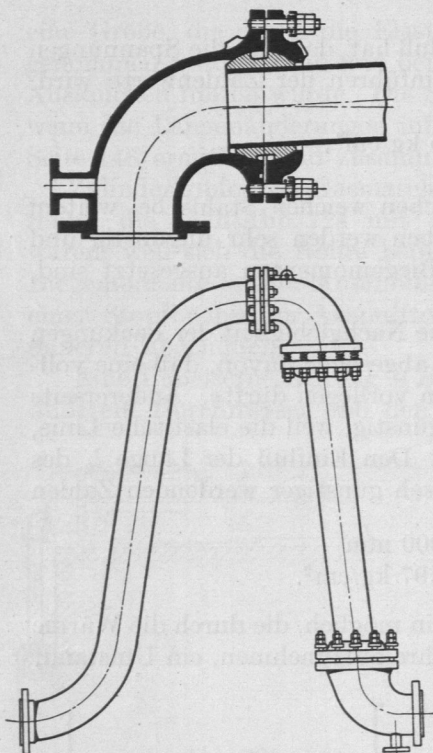


Abb. 729 und 730. Ausgleichsvorrichtungen mit Kugelgelenken.

Stopfbuchsausgleicher, Abb. 731, können unmittelbar in die gerade Rohrleitung, z. B. eine Schachtleitung, eingeschaltet werden, verlangen aber die Aufnahme der Längskräfte durch besondere Verankerungen oder Stützen, brennen leicht fest und sind zudem schwer dicht zu halten. Um das Einrosten zu vermeiden, stellt man die Degenrohre *D* aus Bronze oder Messing her. Entlastete Stopfbuchsausgleicher, Abb. 732, bieten den

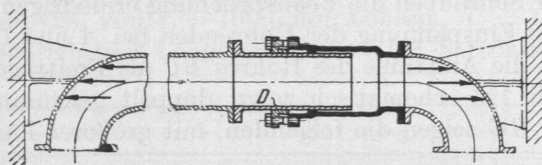


Abb. 731. Stopfbuchsausgleicher.

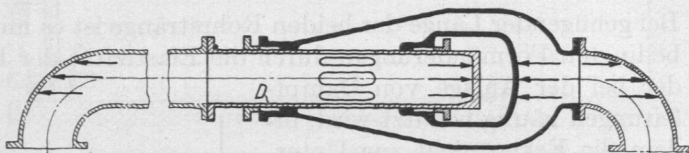


Abb. 732. Entlasteter Stopfbuchsausgleicher.

Vorteil, daß sich die Längskräfte aufheben, bedingen aber zwei Abdichtungen und sind deshalb noch empfindlicher.

Für geringe Verlängerungen und bei mäßigen Drucken genügen Federteller, Abb. 733 oder besonders dünnwandige, sehr elastische Zwischenstücke und Krümmer aus Kupfer oder Messingblech, wie sie z. B. in die Auspuffleitungen an Dampfmaschinen eingeschaltet werden.

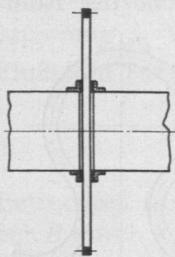


Abb. 733. Federteller für Windleitungen usw.

Wichtig ist bei Dampfleitungen die Entwässerung, bei Wasserleitungen die Entlüftung, um die oft sehr heftigen Wasserschläge und ihre Folgen, die starken Erschütterungen, das Undichtwerden der Verbindungsstellen und selbst Brüche zu vermeiden. Sie entstehen in Dampfleitungen dadurch, daß größere Ansammlungen von Wasser vom Dampfstrom mitgerissen, an einem Knick der Rohrleitung plötzlich Widerstand finden, wobei die lebendige Kraft der Wassermasse als Stoß zur Wirkung kommt.

In Wasserleitungen sammelt sich die mitgerissene oder sich abscheidende Luft an den höchsten Punkten. Wird nun eine größere, so gebildete Luftmenge vom Wasserstrom mitgenommen, so erzeugen die durch das Luftpolster getrennten beiden Wassersäulen an den Knickpunkten der Leitungen wiederum heftige Massenstöße.

Dampfleitungen gibt man zur Entwässerung geringes Gefälle in der Richtung des Dampfstromes, damit dieser den Abfluß des ausgeschiedenen Wassers unterstützt. In

den tiefsten Punkten der Leitung sind Kondenstöpfe anzuschließen oder an geeigneten Punkten, insbesondere dicht vor den angeschlossenen Maschinen Wasserabscheider zur Ableitung des Niederschlags einzuschalten.

Wasserleitungen sind an den höchsten Punkten mit Entlüftungsvorrichtungen zu versehen.

## VIII. Schutz der Rohrleitungen gegen Ausstrahlung.

Ungeschützte Leitungen für warme Flüssigkeiten oder Dämpfe geben an die kältere Luft beträchtliche Wärmemengen ab. Sollen die so entstehenden Verluste beschränkt werden, so müssen die Leitungen isoliert, mit einem die Wärme schlecht leitenden Stoff umgeben werden. Als solche kommen Kieselgur, Asbest, Kork, Torf, Haare usw., in Betracht, die entweder für sich allein oder miteinander gemischt verwendet werden. Die Masse wird durch Lehm, Kartoffelmehl und Wasser plastisch gemacht, schichtweise auf die heißen Rohrleitungen aufgetragen und nach dem Trocknen durch eine Umwicklung gegen Herabfallen gesichert, oder sie wird in Form von Steinen und Schalen aufgebracht. Wichtig ist, auch die Flansche gegen Ausstrahlung zu schützen, sie aber andererseits zugänglich zu halten. Diesem Zwecke dienen abnehmbare Kappen oder verschiebbare Umhüllungen.

### Neunter Abschnitt.

## Absperrmittel.

Absperrmittel dienen zum zeitweiligen Unterbrechen eines Flüssigkeits-, Gas- oder Dampfstromes. Je nach Art der Bewegung der abdichtenden Flächen gegeneinander teilt man sie ein in:

I. Ventile, II. Klappen, III. Schieber und IV. Hähne.

Bei den Ventilen und Klappen wird die Öffnung durch Abheben des abschließenden Teiles freigegeben, und zwar bei den Ventilen durch eine geradlinige Bewegung senkrecht zum Sitz, bei den Klappen durch eine Drehung um eine seitlich liegende Achse.

An den Schiebern und Hähnen gleiten die Dichtflächen unter geradliniger oder drehender Bewegung aufeinander.

Die wichtigsten Gesichtspunkte bei der Gestaltung und Beurteilung der Absperrmittel sind:

1. Es muß ein sicherer und dauernd dichter Abschluß möglich sein. Je nach der Art und dem Druck der abzusperrenden Flüssigkeiten, Dämpfe oder Gase sind die Werkstoffe der abdichtenden Flächen und Teile: Metall, Leder, Gummi, Holz usw. so zu wählen, daß sie durch die mechanischen oder chemischen Einwirkungen nicht oder nur in ganz geringem Maße angegriffen werden. Manchmal finden sich zwei Stoffe, z. B. am Fernsventil Metall und Leder, gleichzeitig verwandt, der eine zur Aufnahme der Flächenpressung im Sitz, der andere zur Erzielung einer sicheren Abdichtung. Die gleitende Bewegung macht die Schieber und Hähne nur für reine Flüssigkeiten und Gase geeignet; Unreinigkeiten führen rasch zu starkem Verschleiß und Undichtheit.

2. Der Flüssigkeitsstrom soll möglichst wenig Geschwindigkeits- und Richtungsänderungen erfahren, damit die Bewegungswiderstände und Druckverluste klein ausfallen. Das ist um so wichtiger, je schwerer die Flüssigkeit, je größer die Geschwindigkeit und je geringer der Betriebsdruck ist. Schieber und Hähne, die den vollen Querschnitt ohne Ablenkung freigeben, sind in dieser Beziehung den Ventilen und Klappen überlegen.

3. Die einzelnen Teile, besonders die abdichtenden Flächen, müssen zum Reinigen und Nacharbeiten leicht zugänglich und, wenn starker Verschleiß zu erwarten ist, auswechselbar sein.