

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.

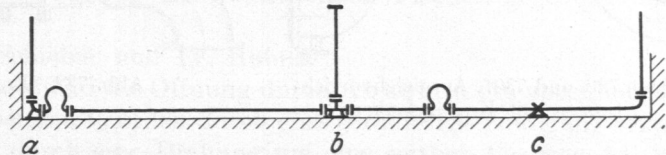


Abb. 726. Rohrstrang mit Ausgleichvorrichtungen.

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-

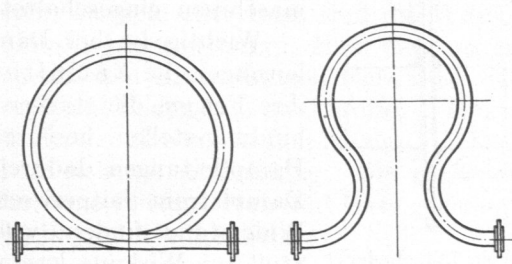


Abb. 727 und 728. Federbogen.