

Dampf mit hohen Betriebstemperaturen über 250° C: Heißdampfzylinderöl Nr. 8 (reines Erdöl-Zylinderöl oder compoundiertes Zylinderöl),

alle heißen Stellen an Dieselmotoren: Dieselmotorenzylinderöl Nr. 9 (Raffinat oder Destillat),

kleinere Verbrennungsmaschinen, Ölmaschinen und Glühkopfmotoren: Automobil-motorenöl, Kleingasmaschinenöl Nr. 10a (Raffinat),

Flug- und Luftschiffmotoren: Flugmotorenöl Nr. 11 (Raffinat oder compoundiertes Öl),

Großgasmaschine: Großgasmaschinenöl Nr. 12 (Raffinat oder Destillat).

E. Beanspruchung und Berechnung der Scheibenkolbenkörper.

1. Die an den Kolben wirkenden Kräfte sind:

α) Der gleichmäßig auf der Stirnfläche von der Größe F verteilte Druck p des Betriebsmittels. Bei doppeltwirkenden Maschinen tritt er bald auf der einen, bald auf der andern Seite des Kolbens auf, belastet diesen also wechselnd.

Zur Ermittlung der eigentlichen Kolbenkraft P , die den Kolben antreibt und ihn, als Ganzes betrachtet, belastet, kommt bei Dampfmaschinen der Überdruck p_u , d. i. der Unterschied der Ein- und der Ausströmspannung p_e und p_a , in dem betreffenden Zylinder in Frage:

$$p_u = p_e - p_a; \quad P = p_u \cdot F. \quad (261)$$

An Verbrennungsmaschinen setzt man den vollen, während der Verbrennung auftretenden Druck ein, der im Durchschnitt beträgt:

bei gasförmigen Brennstoffen, Benzol und Spiritus	$p = 25-30 \text{ kg/cm}^2$,
bei Petroleum und Benzin	$p = 20 \text{ kg/cm}^2$,
an Diesel-(Gleichdruck)maschinen	$p = 35 \text{ kg/cm}^2$,
an Schnellläufern und Teerölmotoren	$p = 45 \text{ kg/cm}^2$.

Durch Frühzündungen können stoßartige Drucksteigerungen um 50 bis 80% auftreten, so daß es sich empfiehlt, mäßige Beanspruchungen zugrunde zu legen.

β) Die zur Beschleunigung nötigen Massenkräfte. Bei Kraftmaschinen werden sie, soweit es sich nicht um außergewöhnlich raschlaufende Maschinen handelt, aus dem Druck des Betriebsmittels bestritten; dagegen können sie bei Arbeitsmaschinen, z. B. Kolbenpumpen, die Beanspruchung durch den unter α) genannten Druck erhöhen.

γ) Die Schwere, die das Eigengewicht des Kolbens bedingt.

δ) Die Kolbenreibung, die bei liegenden Maschinen und bei Störungen oft einseitig und dadurch namentlich auf die Kolbenstange biegend wirken kann.

ε) An Hohlkolben der Druck der im Innern des Kolbens eingeschlossenen Luft, wenn diese durch das Betriebsmittel erwärmt wird; an gekühlten Kolben der Druck des Kühlmittels, der oft auf mehreren Atmosphären gehalten werden muß, wenn Störungen durch die hin- und hergehende Bewegung vermieden werden sollen.

Neben den durch diese Kräfte erzeugten Beanspruchungen ruft das Wärmegefälle in den Kolbenstirnwänden von Verbrennungsmaschinen, das durch die große Wärmeentwicklung auf der einen Seite, durch die Ausstrahlung oder Kühlung auf der anderen erzeugt wird, Wärmespannungen hervor, die, wenn sie beträchtlich sind, zu Ribbildungen führen und oft für die Lebensdauer der Kolben entscheidend sind.

Außergewöhnlichen, aber sehr hohen Beanspruchungen können die Kolben durch Wasserschläge oder in dem Falle ausgesetzt sein, daß fremde Teile, wie sich lösende Schrauben, Verschlußpfropfen, oder vom Betriebsmittel mitgerissene Stücke zwischen sie und die Zylinderdeckel geraten. Ein Wasserschlag entsteht, wenn eine größere Menge Wasser zwischen dem Kolben und dem Zylinderdeckel eingeschlossen wird und nicht entweichen kann, so daß die in Bewegung befindlichen Massen infolge der Unzusammen-drückbarkeit der Flüssigkeit ganz plötzlich gehemmt werden. Die dabei auftretenden heftigen Stöße und hohen Pressungen treffen zunächst den Kolben sowie den Zylinder-

deckel und beschädigen oder zerstören schließlich den schwächsten Teil der Maschine, des Triebwerkes oder des Rahmens, auf den sie zur Wirkung kommen.

Gegenüber den Kräften, von denen der unter α) genannte Druck als der wichtigste gewöhnlich allein der Berechnung zugrunde gelegt wird, müssen sowohl die Einzelteile, insbesondere die Stirnflächen, wie auch der betreffende Kolben als Ganzes genügend widerstandsfähig sein.

2. Berechnung gegenüber dem Druck des Betriebsmittels.

Dem Druck wird durch die als Einzelkraft an der Kolbennabe angreifende Stangenkraft das Gleichgewicht gehalten. Ein Kolben als einfache Platte aufgefaßt, biegt sich dabei, wie Abb. 992 andeutet, räumlich durch. Die größte Beanspruchung entsteht gewöhnlich an der Nabe, so daß der Bruch dort beginnend, oft um die halbe Nabe herum und längs eines Durchmessers, oder bei doppelwandigen Kolben längs der Rippen weiter zu laufen pflegt. Eine Ausnahme bilden doppelwandige Kolben mit Rippen, die, durch Aussparungen zu stark geschwächt, durch die Wirkung der Querkkräfte einreißen und so den Bruch einleiten, wie weiter unten an Abb. 997 gezeigt ist.

Weicht die Form des Kolbens nicht allzusehr von einer ebenen Scheibe ab, so kann man denselben als eine gleichmäßig belastete Platte ansehen und in erster Annäherung nach dem Vorschlage von Bach als einen längs der Mittelebene eingespannten, durch die halbe Kolbenkraft $\frac{P}{2}$ belasteten Träger, Abb. 992, auffassen. Denkt man sich

$$\frac{P}{2} = \frac{\pi R^2}{2} \cdot p_{\bar{u}}$$

im Schwerpunkt S der Halbkreisfläche, also im Abstände:

$$a = \frac{4}{3} \frac{R}{\pi}$$

von der Mittelebene vereinigt, so ist der gefährliche Querschnitt dem Biegemoment:

$$M_b = \frac{P \cdot a}{2} = \frac{2}{3} R^3 \cdot p_{\bar{u}}$$

und der Spannung:

$$\sigma_b = \frac{2}{3} \frac{R^3 \cdot p_{\bar{u}}}{J} \cdot e \quad \text{oder} \quad \frac{D^3 \cdot p_{\bar{u}}}{12 \cdot J} \cdot e \quad (262)$$

ausgesetzt, wenn J das Trägheitsmoment des Querschnittes und e den Abstand der äußersten Faser von der Nulllinie NN bedeuten. Für eine einfache Scheibe von der Stärke s , Abb. 992, wird:

$$\frac{J}{e} = \frac{2 \cdot R \cdot s^3}{12 \cdot \frac{s}{2}} = \frac{R s^2}{3} \quad \text{und} \quad \sigma_b = \frac{2 R^2 \cdot p_{\bar{u}}}{s^2} \quad \text{oder} \quad \frac{D^2 \cdot p_{\bar{u}}}{2 \cdot s^2}. \quad (263)$$

Vielfach pflegt man Formel (262) auch auf Kolben von verwickelteren Formen und auf Hohlkolben anzuwenden, wobei man das Trägheitsmoment des Mittelschnittes unter Vernachlässigung der Nabe, um die der Bruch gewöhnlich herumläuft, ermittelt. Grundsätzlich ist aber zu beachten, daß diese Berechnung keinerlei sichere Aufschlüsse über die Höhe und Art der wirklich auftretenden Spannungen gibt und höchstens zu Vergleichen dienen kann unter Benutzung der an bewährten Kolben ähnlicher Form ermittelten Werte. Denn die Annahme, daß der Kolben längs der Mittelebene eingespannt

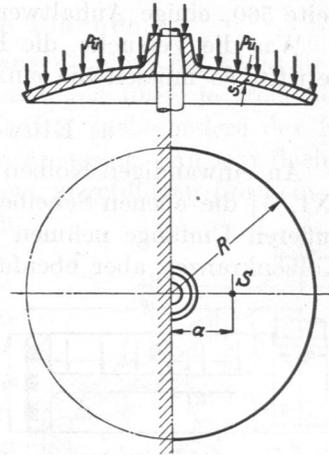


Abb. 992. Belastung und Formänderung eines Scheibenkolbens.