

Anhang II.

Krummwerden der Kolbenstange.

Über die Ursachen, welche das Krummwerden der Kolbenstange verursachen, sind die Gelehrten noch nicht einig. In Haeders Zeitschrift Nr. 5 Jahrgang 1897 spricht ein Fachgenosse die Ansicht aus, dass entweder eine falsche Lagerung der Kolbenstange als Ursache anzusehen sei, oder dass das Krummwerden derselben eine Folge der Spannungen ist, welche durch das kalte Richten der Stange auf der Drehbank hervorgerufen werden. Man nimmt dabei an, die Kolbenstange verzieht sich, sobald dieselbe erwärmt wird.

Wir halten diese Ausführung für nicht stichhaltig und wollen versuchen, die wirklichen Ursachen zu ergründen. Bei dem Beispiel auf Seite 18—21 haben wir gesehen, wie das Material des Kreuzkopfes mit dem der Treibstange ineinander geschweisst war und dabei eine Erwärmung an dem Kreuzkopfe selbst kaum festgestellt werden konnte.

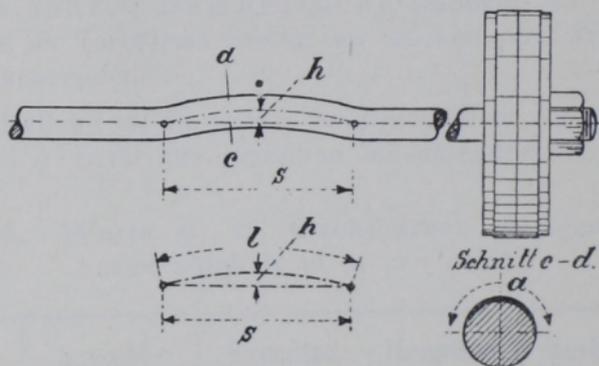


Fig. 617—619. Gebogene Kolbenstange.

Denken wir uns durch irgend einen Umstand (sei es durch Mangel an Schmieröl, schlechter Beschaffenheit desselben, unrichtiger Montage) die Kolbenstange an irgend einer Seite des Umfanges (in Fig. 619 mit *a* bezeichnet) fressend, so findet an dieser

Seite eine Erwärmung der äussersten Fasern der Stange statt. Diese Erwärmung veranlasst eine Ausdehnung, welche unter allen Umständen stattfindet. Die weitere Folge ist ein Durchbiegen bzw. Krummwerden der Stange, wie in Fig. 617 angedeutet. Wir wollen nun untersuchen, wieviel Erwärmung nötig ist, um ein Krummwerden der Kolbenstange zu erwarten.

Nehmen wir an, die Kolbenstange erhitze sich an den Stellen, wo ein Fressen stattfindet, von 100 auf 400^o, also eine Temperaturerhöhung von 300^o Cels., so ergibt sich für ein Stück der Stange von 700 mm Länge und einem Ausdehnungskoeffizienten

$$\text{von } \sim \frac{1}{800} \text{ (pro 100}^{\circ} \text{ Cels. und 1 m Länge)}$$

$$\frac{1}{800} \left(\frac{400 - 100}{100} \right) \cdot \frac{700}{1000} = \sim 2,6 \text{ mm}$$

wie auch Tab. 26 zeigt.

Zur Bestimmung einer ganz rohen Durchschnittszahl der Grösse der Durchbiegung bzw. der Bogenhöhe der durchgebogenen Kolbenstange wollen wir unserem Beispiele die Kaisersche Formel zu Grunde legen, wonach

$$\frac{l}{2} = \sqrt{\frac{s^2}{4} + \frac{4}{3} h^2}$$

wenn s die Sehnenlänge, l die Bogenlänge und h die Bogenhöhe bedeutet.

Daraus bestimmt sich (nach Fig. 618 Seite 290):

$$h = 0,43 \cdot \sqrt{(l^2 - s^2)}.$$

Gegeben sind uns $s = 700$ mm, $l = 700 +$ Ausdehnung $= 700 + 2,6 = 702,6$ mm,

$$\text{also } h = 0,43 \sqrt{702,6^2 - 700^2} = \sim 26 \text{ mm.}$$

Die Stange will sich also bei einer einseitigen Temperaturerhöhung von 300^o Cels. 26 mm durchbiegen.

Tab. 26

Einfluss der einseitigen Temperaturerhöhung eines Stückes der Kolbenstange von 700 mm Länge.

Temperaturerhöhung .	10 ^o	50 ^o	100 ^o	200 ^o	300 ^o	400 ^o	500 ^o Cels.
Ausdehnung	0,09	0,45	0,9	1,8	2,6	3,5	4,4 mm
Durchbiegung h . . .	4,8	11	15	22	26	30	34 mm

Diese starken Durchbiegungen können natürlich nicht eintreten, denn die Stopfbüchsen fangen vorher an zu brennen, die Kolbenstange klemmt sich fest, es bricht irgend etwas oder die Maschine bleibt stehen.

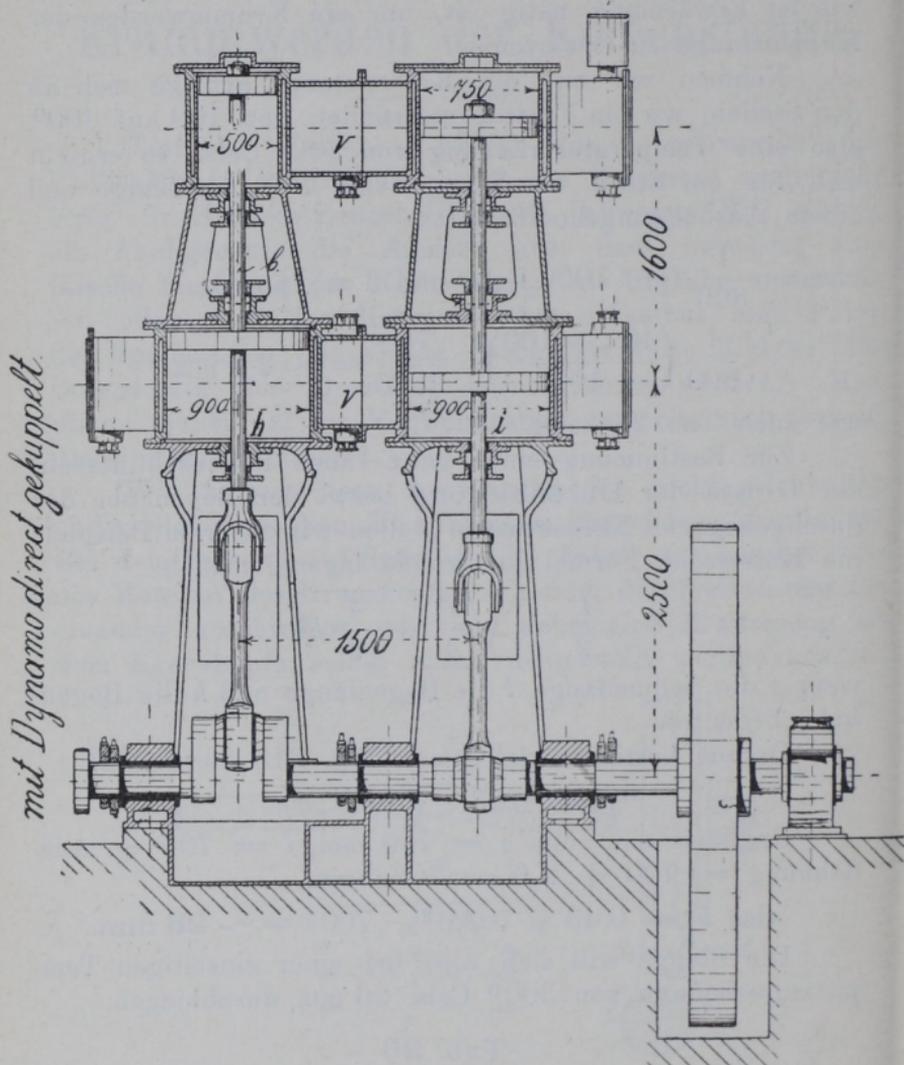


Fig. 620. Dreifach-Expansionsmaschine. Massstab 1:40.

88tes Beispiel. (Verbogene Kolbenstange.)

Die in Fig. 620 dargestellte stehende Dreifach-Expansionsmaschine war einige Zeit im Betrieb, währenddessen sich sehr viele Mängel ergaben, welche wir jedoch nicht

weiter erörtern wollen. Eines schönen Tages blieb die Maschine von selbst stehen. Die Untersuchung ergab, dass die Kolbenstange der Rechtsmaschine gefressen und sich vollständig fest geklemmt hatte, die Maschine liess sich nicht mehr drehen. Man war genötigt, die Kolbenstange auszubauen; dies war eine schwierige und zeitraubende Arbeit.

Zuerst musste der Mitteldruckcylinder (rechts oben) sowie das Verbindungsstück von Mittel- und Niederdruckcylinder abgenommen werden, um die für beide Cylinder aus einem Stück bestehende Kolbenstange nach oben herausziehen zu können. Die Arbeit nahm eine ganze Woche in Anspruch.

An der herausgenommenen Kolbenstange zeigte sich nun eine **Verbiegung von 4 mm** (Fig. 621). Man konnte auch erkennen, wie auf der erhöhten Seite der Durch-

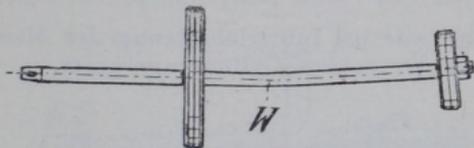


Fig. 621. Gebogene Kolbenstange.

biegung, in Fig. 621 bei *W*, die Stange gefressen hatte.

Um nun die **Ursache** des Krummwerdens der Kolbenstange festzustellen, wurde die Maschine in kaltem Zustande genau abgeschnürt und ergaben sich hierbei keine Unregelmässigkeiten.

Man hatte aber bei der Konstruktion der Maschine vergessen, die **Ausdehnung** der Dampfzylinder während des Betriebes zu berücksichtigen. Es traten Biegungen ein (diese konnten aber nicht das Krummwerden der Kolbenstange veranlassen), durch welche die Kolbenstange einseitig an die Stopfbüchse gepresst wurde. Hierdurch entstand lokale **Erhitzung**, als weitere Folge Durchbiegung der Kolbenstange. Die Erwärmung bzw. das **Fressen** wird immer toller, schliesslich waren Dampfdruck und Schwungrad nicht mehr imstande, die Widerstände zu überwinden, die Maschine blieb trotz geöffnetem Absperrventil von selbst stehen.

89tes Beispiel. (Verbogene Kolbenstange.)

Eine Maschinenfabrik, welche bisher Dampfmaschinen mittlerer Grösse baute, lieferte ihre erste **grosse Ventilmaschine** (Dreifachexpansion) von 1200 indizierten Pferdestärken.

Hochdruckcylinder . .	=	540 mm	Durchm.
Mitteldruckcylinder . .	=	850	„ „
Niederdruckcylinder . .	=	1350	„ „
Hub	=	1400	„
Seilscheibendurchmesser	=	7000	„ (24 Seile)
Umdrehungen pro Min.	=	65	

Die Maschine arbeitet vorläufig unter **6 Atm. Druck**, soll aber in kurzer Zeit unter 12 Atm. arbeiten.

Die Hoch- und Mitteldruckcylinder liegen hintereinander und sitzen die Kolben auf einer Kolbenstange aus einem Stück.

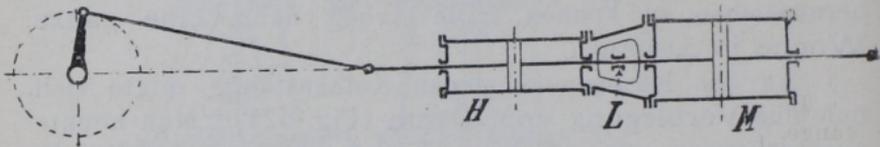


Fig. 622. Rechte Maschinenseite.

Die Kolbenstange war bei Inbetriebsetzung der Maschine in dem Verbindungsstück der beiden Cylinder gelagert.

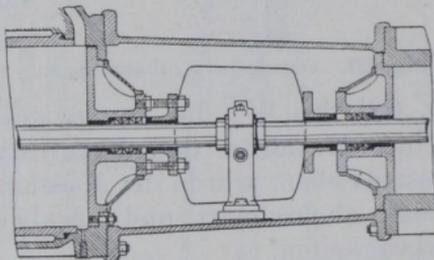


Fig. 623. Lagerung der Kolbenstange zwischen den beiden Cylindern.

Nach ungefähr achttägigem Betrieb zeigte sich aber schon, dass die Lagerung der Kolbenstangen nicht am richtigen Platze war, und ist dies ein Fehlgriff des Konstrukteurs, was sich jetzt durch **Krummwerden der Kolbenstange** zeigte.

Der Betrieb musste unterbrochen werden, der Lagerbock entfernt, die Kolbenstange wurde durchgekreuzt und der Betrieb mit dem Hochdruckcylinder wieder so lange aufgenommen, bis eine neue Kolbenstange fertig war, diese wurde eingebaut, das Lager in dem Verbindungsstück kam nicht mehr zur Verwendung und läuft diese Seite der Maschine seit jener Zeit bis den auf etwas vielen Stopfbüchsenverpackungsverbrauch so ziemlich.

Nun aber die **Niederdruckseite**; siehe, die arbeitet ganz gut, vorzügliches Vakuum (70) vor dem Kolben, aber auch hier die unglückliche Kolbenstange, wenn die nicht wäre. Eines schönen Tages, wo niemand böses ahnt, fängt auch diese an **krumm zu werden**.

Der Maschinenmeister findet plötzlich, dass die Stange nach oben **stark reibt**, er weiss mit Sicherheit, dass alles vor kurzem in Ordnung war, die Stange erhitzt immer mehr und mehr, so dass die Maschine nicht länger ohne Gefahr laufen durfte, der Betrieb musste wieder unterbrochen werden, um die Kolbenstange abzukuppeln, die andere Seite der Maschine nahm den Betrieb allein auf.

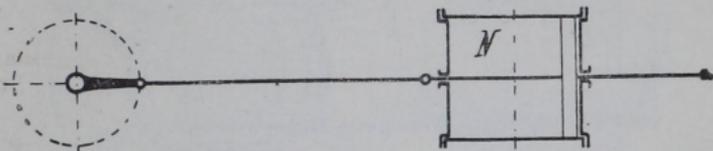


Fig. 624. Niederdruckseite.

Bei näherer Betrachtung zeigte sich nun, dass die Kolbenstange, deren Durchmesser 170 mm ist, um 8 mm auf der Kurbelseite nach oben sich **verbogen hatte**. Die Stange ging zur Fabrik, wurde gerichtet und nachgedreht; aber seit dieser Zeit ist der

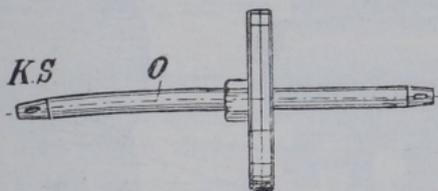


Fig. 625. Gebogene Kolbenstange.

Betrieb ein so unsicherer geworden, dass der Maschinenmeister stets in **Angst und Schmier** lebt. Es ist wiederholt vorgekommen, dass die Stopfbüchsenpackung während des Tages plötzlich erneuert werden musste, denn die **Stopfbüchse fing an zu brennen** und zwar war die Reibung immer unten auf derselben Stelle.

Verwendung findet nur beste Fettpackung und fehlt es an Wartung bei der Maschine nicht. Der Maschinenmeister hat lange Jahre gleich grosse Maschinen bedient, kennt den Dampfmaschinenbau und ist sehr zuverlässig.

Ist die Maschine mit **beweglichen Stopfbüchsen** ausgerüstet, so tritt beim Krummwerden der Kolbenstange ein Betriebsstillstand nicht so leicht ein. Die Firma **Leopold Ziegler**, Berlin erwähnt in ihrem Prospekt folgenden Fall:

90tes Beispiel.

Der Luftpumpenkolben einer grossen Kondensationsmaschine löste sich während des Betriebes infolge des schlechten Gewindes, die Kolbenstange stiess dadurch gegen den Kolben und wurde

an einem Ende um 20 mm durchgebogen, wie die hier folgende Skizze Fig. 626 zeigt. Da die Maschine Dynamomaschinen treibt,

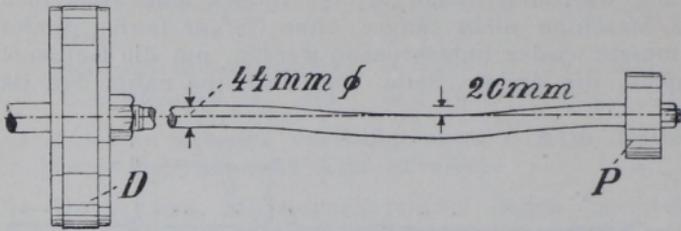


Fig. 626. Gebogene Kolbenstange.

deren Stillstand nicht möglich war, so arbeitet die mit den beweglichen Macbethbüchsen armierte Dampfmaschine nach

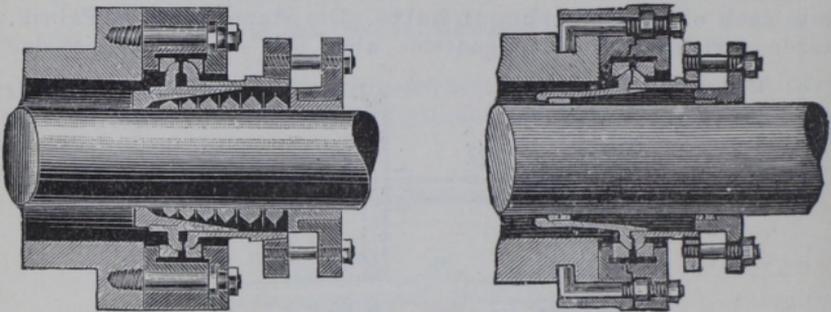


Fig. 627—628. Macbeths bewegliche Stopfbüchsen.

Entfernung des Pumpenkolbens noch ca. 1 Woche Tag und Nacht, wobei die Büchsen nach wie vor absolut dichteten und ohne diese irgendwie zu beschädigen.

Bei den üblichen Stopfbüchskonstruktionen ist es

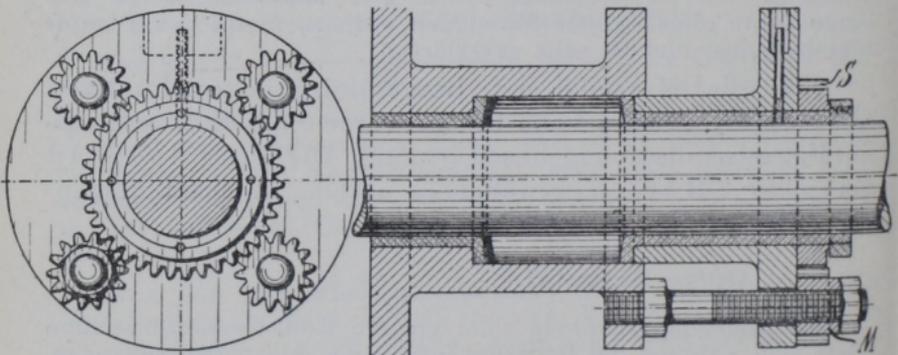


Fig. 629—630.

selbst dem besten Maschinisten nicht möglich, ein genau gleichmässiges Anziehen aller Schrauben zu bewerk-

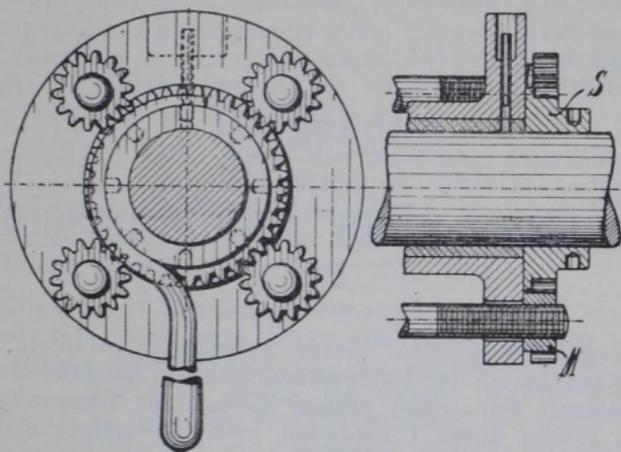


Fig. 631—632.

stelligen. Durch jedes einseitige Anziehen jedoch kommt nur eine Stelle des Stopfbüchseninnern mit der Kolbenstange in Berührung. Die Folge davon ist ein Heisswerden des Stopfbüchsfutters und ein Fressen der Kolbenstangen.

Ich habe einen Fall erlebt, bei welchem das Futter der Stopfbüchse durch Fressen mit der Kolbenstange sich derart verband, dass das Futter aus der Stopfbüchse herausgerissen wurde.

Es giebt nun zwei Wege: 1. Die Anwendung einer Stopfbüchskonstruktion, welche ein gleichmässiges Anziehen aller Schrauben zu gleicher Zeit gewährleistet (Fig. 629—632). 2. Das Futter der Stopfbüchse, sowie den Grundring im Cylinder 1—2 mm weiter zu bohren als die Kolbenstange.