

lichen Gebrauch des Indikators kann dieser zusätzliche Mechanismus abgenommen werden.

Die Bewegung der Wiege gibt somit die Abscissen (Kolbenhubvolumen), die dazu senkrechte Bewegung des Zeichenstiftes die Ordinaten (Spannungen) des Indikatordiagrammes. Dieser Indikator ist in jenen Fällen vorteilhaft zu verwenden, in welchen die Trägheit der gewöhnlichen Lenkermechanismen für die Bewegung des Zeichenstiftes Störungen der Bewegung desselben verursacht.

### 103. Bedingungen für das genaue Arbeiten eines Indikators.

Jeder Indikator muß, wenn er seinen Zweck, korrekte Diagramme zu liefern, erfüllen soll, zwei Bedingungen genügen: 1) muß die Bewegung des Zeichenstiftes beziehungsweise des Indikatorkolbens der Änderung der Dampfspannung im Arbeitscylinder proportional sein und 2) muß die Bewegung der Zeichentrommel proportional der Bewegung des Dampfkolbens sein.

Um der ersten Bedingung zu genügen, muß einerseits das den Indikator mit dem Dampfcylinder verbindende Rohr möglichst kurz und genügend weit, andererseits die Einmündung desselben in den Cylinder so situiert sein, daß die Spannung an dieser Stelle nicht durch die kinetische Energie des in den Cylinder einströmenden Dampfes beeinflußt wird. Häufig werden von beiden Cylinderseiten Diagramme in der Weise abgenommen, daß man den Indikator in der Mitte des Cylinders anbringt und durch Röhren mit den Enden desselben verbindet; diese Anordnung, welche für kleinere Cylinder recht zweckmäßig ist und genügend genaue Diagramme gibt, ist jedoch für größere und große Maschinen nicht empfehlenswert, weil die Verbindungsrohre ihrer bedeutenden Länge wegen zu Fehlern Veranlassung geben können. Zur Indizierung großer Maschinen bedient man sich daher mit Vorteil zweier Indikatoren, deren jeder möglichst direkt mit dem betreffenden Ende des Cylinders zu verbinden ist. Hat man nur einen Indikator zur Verfügung, dann müssen die Diagramme zuerst von der einen und dann durch Übersetzen des Instrumentes von der anderen Cylinderseite genommen werden; die erstere Methode ist jedoch der letzteren insofern vorzuziehen, als man zu beiden Cylinderseiten gleichzeitig abgenommene Diagramme erhält, was namentlich für den Vergleich der Dampfverteilungsverhältnisse vor und hinter dem Kolben von Vorteil ist. Eine in diesem Sinne mangelhafte Verbindung des Indikators mit dem Cylinder hat zur Folge, daß die Spannung im Indikator hinter jener im Cylinder zurückbleibt, die Diagramme daher zu schmal werden.

Die erste Bedingung korrekter Funktion eines Indikators wird ferner

auch durch die Reibung des Kolbens, die Reibung in den Gelenken der Geradföhrung des Zeichenstiftes, sowie dessen Reibung am Papiere nachteilig beeinflusst. Der Kolben muß sich vollkommen frei und möglichst reibungslos bewegen; jede Packung ist daher ausgeschlossen und der eventuell um den Kolben infolge Undichtheit entweichende Dampf muß durch den Cylinderdeckel ungehindert abziehen können. Der Zeichenstift soll nicht stärker gegen das Papier gedrückt werden, als zur Erreichung eines deutlichen Linienzuges erforderlich ist. Bei sorgfältigem Gebrauche eines gut ausgeführten Indikators sind die Eigenreibungen so gering, daß sie tatsächlich ohne Einfluß auf das Diagramm bleiben.

Eine andere Quelle nachteilig wirkender Einflüsse ist die Trägheit der bewegten Massen, wodurch diese Teile in Oszillation kommen, sobald der Indikatorkolben plötzlich seine Lage ändert. Diese Schwingungen erzeugen im Diagramm wellenförmige Linien, namentlich bei schnelllaufenden Maschinen und geringer Eigenreibung des Instrumentes; man ersetzt dieselben dann durch eine von Hand aus eingezeichnete mittlere kontinuierliche Kurve. Um dieses Peitschen des Zeichenstiftes namentlich bei schnellgehenden Maschinen tunlichst zu verringern, müssen steife Federn und möglichst leichte Lenker behufs Geradföhrung des Stiftes verwendet werden. Fehlerhafte Diagramme können auch durch lockere Scharniere, welche mit Spielraum arbeiten, verursacht werden. Schließlich muß darauf geachtet werden, daß die Feder niemals bis zur Elastizitätsgrenze belastet werde, damit die Bewegung derselben stets proportional zur Dampfspannung bleibe.

Bezüglich der Bewegung der Zeichentrommel ist zunächst dafür zu sorgen, daß die Bewegung des Dampfkolbens auf die wünschenswerte Länge des Diagramms reduziert werde; es muß dies in vollkommen genauer Weise geschehen, sodaß die relativen Wege des Zeichenstiftes auf dem Papier ein genaues Bild des Kolbenweges geben. Dies kann auf verschiedene Art, entweder durch einfache Hebelübersetzungen oder durch eigene Apparate, den sogenannten Hubverminderungs- oder Reduktions-Apparaten erfolgen. Diese bestehen zumeist aus zwei auf ein- und derselben Achse angebrachten Rollen, deren größere von irgend einem mit dem Kolben der Maschine identisch oder proportional bewegten Teile mittels einer darum gelegten Schnur bewegt wird, während die kleinere Rolle durch Vermittlung einer zweiten Schnur die Bewegung des Papiercylinders besorgt.

Die Durchmesser dieser beiden Rollen müssen selbstverständlich dem Kolbenwege und der Diagrammlänge proportional sein. Um für verschiedene Maschinen beziehungsweise verschiedene Hublängen wenigstens annähernd gleiche Diagrammlängen zu erhalten, wird jedem Hubreduk-



tionsapparat eine Anzahl ungleicher kleinerer Rollen beigegeben. Diese Apparate sind im allgemeinen den schwingenden Hebeln, komplizierten Differentialrollen, Pantographen etc. vorzuziehen.

Die Bewegungsübertragung und Reduktion durch einfache Schwinghebel, wie beispielsweise in Fig. 53 skizziert, erfolgt zwar nicht mathematisch genau, hat jedoch den Vorteil großer Einfachheit, sowie des Wegfalles aller zarten, sich leicht und rasch abnützenden Teile für sich.

Auf eine fixe Drehachse  $A$  wird ein Hebel  $AB$  aufgehängt, dessen Ende  $B$  durch eine kurze Lenkerstange mit dem Kreuzkopfe  $C$  verbunden ist. Der Schreibcylinder des Indikators erhält seine Bewegung von irgend einem entsprechend gewählten Punkte  $D$  des Schwinghebels  $AB$ , durch Vermittlung einer Schnur, welche nötigenfalls noch über Rollen zu führen ist. Um die Schreibtrommel ein- oder ausschalten zu können, empfiehlt sich die Anbringung einer Nut im Hebel  $AB$ , wie aus der kleinen Seitenskizze bei  $D$  zu ersehen, in welche die mit einem Haken versehene Schnur eingehängt wird; will man die Schreibtrommel aushängen, dann schiebt man den Haken einfach aufwärts nach  $A$ . Damit die Bewegungsübertragung des Anlenkpunktes  $C$  auf den Punkt  $D$  möglichst genau erfolge, mache man die Länge des Schwinghebels  $AB$  wesentlich größer als die Hubstrecke des Punktes  $C$ .

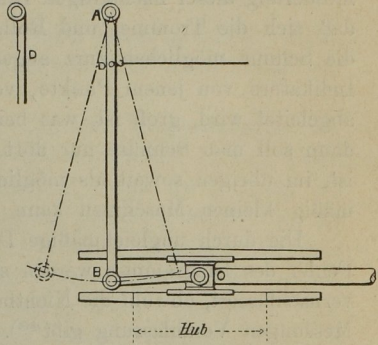


Fig. 53.

Eine andere Anordnung des Schwinghebels besteht darin, daß man mit Hinweglassung des Zwischengliedes  $BC$  das Ende  $B$  des Hebels direkt an den Kreuzkopf anlenkt und den Zapfen  $A$  auf einem Gleitstück befestigt, welches sich bei der hin- und hergehenden Bewegung des untern Hebelendes  $B$  zwischen fixen Gleitschienen auf- und abverschiebt. Es ist dies in geometrischer Beziehung eine bessere Anordnung, erfordert jedoch zur Vermeidung toter Bewegung bei  $A$  einer sorgfältigen Ausführung.

Wenn aber auch auf ein oder die andere Weise die Schnur, welche die Bewegung auf die Papiertrommel überträgt, mit der Kolbenstange so verbunden ist, daß sie die Bewegung desselben genau kopiert, so kann trotzdem die Bewegung der Trommel ungenau werden, zufolge der veränderlichen beziehungsweise nicht genau konstanten Schnurlänge. Die Veränderung der Spannung der Schnur verursacht Änderungen der Dehnung derselben und wenn die Schnur lang ist, können hierdurch wesent-

liche Fehler im Diagramm entstehen. Die Dehnung der Schnur wird beeinflußt durch den veränderlichen Widerstand der Trommelfeder, durch die Veränderungen der Winkelgeschwindigkeit der Trommelbewegung und durch die Reibung der Trommel sowie der eventuell vorhandenen Führungsrollen der Schnur. Die beiden ersten Ursachen können sich in ihrer Wirkung gegenseitig aufheben, die Reibung der Trommel hat jedoch zur Folge, daß die Schnur während der Vorwärtsbewegung länger wird, als während der Rückdrehung der Trommel, da bei dieser Bewegung die Reibungswiderstände nicht durch die Schnur, sondern durch die Feder direkt überwunden werden müssen. Es ist daher zur tunlichsten Verminderung dieser nachteiligen Einflüsse von Wichtigkeit darauf zu achten, daß sich die Trommel und Rollen leicht und gleichmäßig bewegen und die Schnur möglichst kurz angeordnet wird. Wenn die Entfernung des Indikators von jenem Punkte, von welchem die Bewegung der Trommel abgeleitet wird, groß ist, was bei großen Maschinen zumeist der Fall ist, dann soll man Schnüre nur dort verwenden, wo Biegsamkeit erforderlich ist, im übrigen soweit als möglich stärkeren Draht; selbst bei verhältnismäßig kleinen Maschinen kann Draht mit Vorteil verwendet werden\*).

Die durch ungleichmäßige Dehnung langer Schnüre hervorgerufenen Fehler des Diagrammes werden sehr häufig bei Abnahme von Versuchen vernachlässigt, obwohl die Nichtbeachtung derselben zu direkt unrichtigen Messungen Veranlassung gibt\*\*).

Alle Schnüre müssen vor ihrer Verwendung derart gestreckt werden, daß sie während des Versuches keine bleibende Verlängerung erfahren; geflochtene, nicht gedrehte Schnüre sind besonders zu empfehlen; die gedrehten Schnüre verdrehen sich bei wechselnden Zugkräften.

#### 104. Anleitung zur Abnahme von Indikatordiagrammen.

Bei der Abnahme von Indikatordiagrammen mögen die nachstehenden Bemerkungen von Nutzen sein. Bevor der Indikator in Gebrauch genommen wird, überzeuge man sich, ob derselbe rein und in jeder Beziehung in Ordnung ist; der Kolben soll sich sehr leicht bewegen; die Gelenke müssen mit feinem Öl geschmiert und genügend schlaff sein, um Reibung zu vermeiden, doch keinesfalls so schlaff, daß der Zeichenstift schüttelt; die Spitze des Stiftes muß scharf und derselbe so adjustiert

\*) Siehe als Beispiel das Arrangement, welches von Prof. Reynolds bei der Versuchsmaschine zu Owens College, wobei die Länge der Schnur auf einige Zoll reduziert ist, getroffen wurde (*Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, Vol. XC, 1889).

\*\*\*) Siehe die Besprechung der Fehlerquellen der Indikatoren und darauf bezüglicher Untersuchungen von Prof. Reynolds und Brightmore: *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 1896.