

## II. ABSCHNITT.

### Entwicklung der Gleichungen zur Berechnung der Flaschenzüge und Winden.

§ 10.

#### Aufstellung der Hauptgleichungen.

Zur Berechnung des eigentlichen Hebezeuges und namentlich des Getriebes, soweit dieses zur Umsetzung zwischen Kraft und Last oder deren Wegen beitragen muss, bedürfen wir einer Reihe von Gleichungen. Sie betreffen einerseits das Umsetzungsverhältnis und die Betriebskraft dieser Maschinen, andererseits den Wirkungsgrad und die Verluste, welche die Reibung und andere Hindernisse der bewegten Teile in ihnen bewirken. Der vorliegende Abschnitt giebt die Entwicklung dieser Gleichungen, während die späteren ihre Benutzung bei der Berechnung der zu behandelnden Hebezeuge zeigen.

In § 1 sahen wir, dass in einer reibungslos gedachten Lasthebemaschine immer das Produkt aus Last und Lastweg gleich demjenigen aus Betriebskraft und gleichzeitigem Kraftweg sein muss. Ist also

Q die Last,

P<sub>0</sub> die Betriebskraft der reibungslosen Maschine in kg,

h der Lasthub,

s der gleichzeitige Kraftweg in m,

so muss

$$P_0 \cdot s = Q \cdot h$$

sein. Beziehen wir h und s auf die Sekunde, so tritt w als Last-,

c als Kraftgeschwindigkeit in m/Sek.

in die obige Gleichung, und diese lautet dann

$$P_0 \cdot c = Q \cdot w.$$

Die Betriebskraft der reibungslos gedachten Maschine beträgt somit

$$P_0 = Q \frac{h}{s} = Q \frac{w}{c} \dots \dots \dots \text{I}$$

Der Quotient

$$\frac{P_0}{Q} = \frac{h}{s} = \frac{w}{c} \dots \dots \dots \text{II}$$

soll das Umsetzungsverhältnis des Hebezeuges genannt werden. Es ermittelt sich, wie nachher bei den einzelnen Getrieben gezeigt ist, leicht in jedem Falle,

wenn man die Bewegung von Kraft und Last für eine bestimmte Zeit miteinander vergleicht. Ist P<sub>0</sub> < Q und w < c, findet also in der Maschine eine Steigerung der Betriebskraft unter gleichzeitiger Verminderung ihrer Geschwindigkeit statt, so ist das Umsetzungsverhältnis kleiner als 1, im umgekehrten Falle, wo P<sub>0</sub> > Q und auch w > c ist und die Betriebskraft unter gleichzeitiger Vergrößerung ihrer Geschwindigkeit verringert wird, ist das Umsetzungsverhältnis grösser als 1. Enthält ferner ein Hebezeug mehrere Elemente oder Elementargetriebe, welche die Umsetzung derart bewirken, dass das erste seine Bewegung an das zweite, dieses dieselbe an das dritte u. s. w. überträgt, so ist das Umsetzungsverhältnis des ganzen Hebezeuges gleich dem Produkte aus den Umsetzungsverhältnissen der einzelnen Elemente oder Elementargetriebe.

In der vorstehenden Form benutzen wir die Gl. I und II für Lasthebemaschinen ohne rotierende Kraftübertragung. Für solche mit rotierender Kraftübertragung ist c die Umfangsgeschwindigkeit, mit welcher P<sub>0</sub> wirkt, w diejenige, mit welcher Q hoch gewunden wird. Ist dann weiter

a der Hebelarm der Kraft,

R derjenige der Last in m,

so bewegen sich Kraft- und Lastwelle mit der Winkelgeschwindigkeit

$$\omega_c = \frac{c}{a} \text{ bzw. } \omega_w = \frac{w}{R},$$

und die Gl. I, welche wir auch in der Form

$$P_0 \cdot a \frac{c}{a} = Q \cdot R \frac{w}{R}$$

schreiben können, geht über in

$$P_0 = \frac{Q \cdot R}{a} \frac{\omega_w}{\omega_c} \dots \dots \dots \text{Ia}$$

während Gl. II

$$\frac{w}{c} = \frac{R}{a} \frac{\omega_w}{\omega_c} \dots \dots \dots \text{IIa}$$

lautet.

Bei der wirklichen Maschine hat die Betriebskraft nicht nur den Widerstand der Last, sondern auch denjenigen zu überwinden, den die Getriebe, Führungsteile, Lastorgane u. s. w. infolge von Reibung oder Seilsteifigkeit ihrer Bewegung entgegensetzen. Man bezeichnet diese letztgenannten Widerstände als die eigenen Bewegungswiderstände oder Nebenhindernisse des Hebezeuges. Bei ihrer Berücksichtigung muss natürlich die Betriebskraft der Lasthebemaschine grösser als diejenige  $P_0$  der reibungslos gedachten Maschine sein, und zum Unterschiede von dieser letzteren nennen wir sie die Betriebskraft der wirklichen Maschine oder kurz die wirkliche Betriebskraft. Bezeichnen wir sie mit  $P$  und setzen die Arbeit, welche zur Überwindung der Nebenhindernisse aufzuwenden ist, gleich  $\varphi \cdot P_0 \cdot s$ , so folgt

$$P \cdot s = Q \cdot h + \varphi \cdot P_0 \cdot s = P_0 \cdot s + \varphi \cdot P_0 \cdot s$$

oder

$$P = (1 + \varphi) P_0 \dots \dots \dots \text{III}$$

wobei  $\varphi$  der Verlustfaktor des Hebezeuges genannt werden soll. Das Verhältnis der beiden Betriebskräfte

$$\eta = \frac{P_0}{P} = \frac{1}{1 + \varphi} \dots \dots \dots \text{IV}$$

ist der Wirkungsgrad des Hebezeuges. Derselbe ist bekanntlich stets kleiner als 1. Bei der Berechnung einer Hebemaschine wird er gewöhnlich in der Weise bestimmt, dass man sich die Maschine in ihre einzelnen Elemente oder Elementargetriebe zerlegt denkt und nun den Wirkungsgrad für diese letzteren ermittelt, ein Verfahren, dass nach Wissen des Verfassers zuerst von Professor Gustav Herrmann im Jahrgang 1879 der deutschen Bauzeitung angewandt wurde. Wirken dann diese einzelnen Elemente, wie schon weiter oben angeführt, so aufeinander, dass immer das nachfolgende durch das vorhergehende angetrieben wird, die Betriebskraft des ersteren also stets die Last des letzteren bildet, so gilt, wenn  $\varphi', \varphi'', \varphi''', \dots$  der erwähnte Verlustfaktor,  $\eta', \eta'', \eta''', \dots$  der Wirkungsgrad der einzelnen Elemente ist, für das ganze Hebezeug die Beziehung

$$1 + \varphi = (1 + \varphi') (1 + \varphi'') (1 + \varphi''') \dots \dots \dots \left. \begin{array}{l} \eta = \eta' \cdot \eta'' \cdot \eta''' \dots \dots \dots \end{array} \right\} \dots \dots \text{V}$$

Die Leistung, welche von der Betriebskraft aufzuwenden ist, um die Last  $Q$  mit der Geschwindigkeit  $w$  in m/Sek. zu heben, beträgt in PS

$$N = (1 + \varphi) \frac{Q \cdot w}{75} = \frac{1}{\eta} \frac{Q \cdot w}{75} \dots \dots \dots \text{VI}$$

Sind die eigenen Bewegungswiderstände eines Hebezeuges so gross, dass die Last nicht sinkt, sondern schwebend erhalten wird, wenn auch die Betriebskraft im Sinne des Lasthubes zu wirken aufhört, so bezeichnet man es als selbsthemmend oder selbstsperrend. Diese Eigenschaft tritt ein, sobald für das Lastsenken die Arbeit der Nebenhindernisse gleich oder grösser als die Arbeit der Last, sobald also nach den obigen Bezeichnungen

$$\varphi \cdot P_0 \cdot s \geq Q \cdot h$$

wird. Zum Niederlassen der Last bedarf es dann einer mit  $Q$  gleichgerichteten Kraft, welche die Differenz der genannten Arbeiten leistet. Da  $Q \cdot h$  gemäss Gl. I gleich

$P_0 \cdot s$  ist, so folgt aus der vorstehenden Bedingung für die Selbstsperrung

$$\varphi \cdot P_0 \cdot s \geq P_0 \cdot s,$$

oder

$$\varphi \geq 1,$$

und es fällt, vorausgesetzt, dass dieselben Nebenhindernisse, die den Niedergang hemmen, auch während des Hochganges der Last in der Maschine auftreten, für den letzteren nach Gl. IV der Wirkungsgrad

$$\eta \leq \frac{1}{1 + 1} \text{ oder } \eta \leq \frac{1}{2}$$

aus. Das heisst: Bei allen Hebemaschinen, welche durch die eigenen Bewegungswiderstände selbsthemmend sind, dienen mindestens 50% der Betriebsarbeit zur Überwindung der Nebenhindernisse, und diese gehen also für den eigentlichen Zweck der Maschine verloren.

Bei allen Hebezeugen, bei denen die eigenen Bewegungswiderstände nicht die zur Selbsthemmung erforderliche Grösse haben, muss natürlich die Last durch eine besondere Stützvorrichtung oder durch eine Kraft hochgehalten werden, welche im Verein mit diesen Nebenhindernissen der Last das Gleichgewicht hält. Eine solche Kraft ist auch zum Niederlassen der Last erforderlich, wenn diese nicht mit beschleunigter Bewegung heruntergehen soll, es sei denn, dass durch eine sogenannte Bremsvorrichtung die Energie vernichtet wird, welche auf eine Beschleunigung der Bewegung hinwirkt.

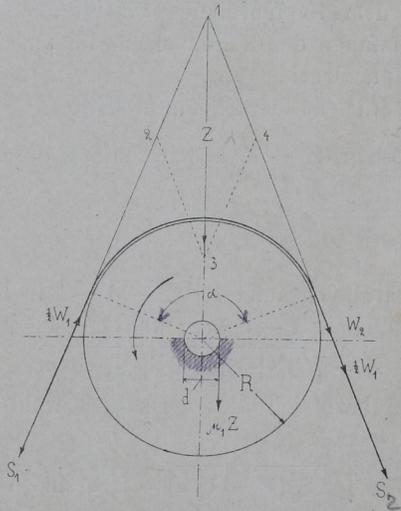
§ 11.

Die einfachen Rollen.

a) Die eigenen Bewegungswiderstände der Rolle.

Fig. 17 des Textes zeigt eine drehbare Rolle, über welche ein gespanntes Zugkraft- oder Lastorgan (Seil, Kette) in der angedeuteten Richtung bewegt werden soll. Es sei

Fig. 17.



- $\Delta$  die Seil- oder Ketteneisenstärke (bei Gall'schen Gelenkketten der Bolzendurchmesser),
- R der Rollenradius (bis Mitte Seil oder Kette),
- d der Durchmesser des Bolzens, auf welchem sich die Rolle dreht,