

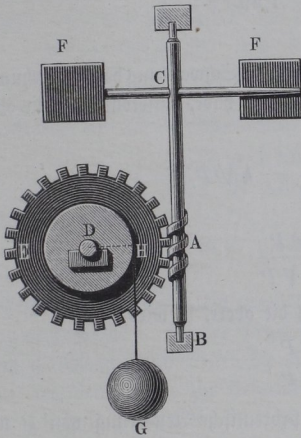
welchen die Maschinentheile nicht widerstehen können. Diese Stöße treten namentlich dann in den Vordergrund, wenn es sich darum handelt, große lebendige Kräfte durch die Bremsen zu vernichten, weniger, wenn die Bremse dazu dient, eine überschüssige Triebkraft zu neutralisiren. Gerade aus Rücksicht auf die Stoßwirkungen dürften beim Eisenbahnbetriebe die Luftbremsen wegen der Elasticität des angewandten Triebmittels so vorzüglich sein.

Um die Wirkung einer Bremse bei geringem Bremsdrucke möglichst groß zu machen, ist es im Allgemeinen rathsam, die Maschinen an solchen Stellen zu bremsen, wo die Geschwindigkeit also der von der Reibung zu überwindende Weg groß ist, da es sich bei dem Bremsen immer um Aufzehrung einer großen mechanischen Arbeit handelt. Deshalb werden Windwerke in der Regel nicht direct an der Trommelwelle, sondern meist an einer schneller gehenden Vorgelegswelle gebremst. Doch ist hierbei auch darauf Rücksicht zu nehmen, daß zwischen der Bremse und dem Angriffspunkte der zu vernichtenden Kraft bezw. der zu verzögernden Masse möglichst wenig Maschinenorgane, wie Wellen, Räder *cc.*, gelegen seien, da diese Theile natürlich während des Bremsens den durch dasselbe eingeführten Kraftmomenten unterworfen sind, und daher die Wahrscheinlichkeit von etwaigen Brüchen mit der Anzahl solcher zwischengelegenen Theile wächst. Aus diesem Grunde bremst man z. B. die Wellen von Dampfmaschinen gern an den Schwungrädern und Wasserräder an ihren Kränzen oder damit verbundenen Bremscheiben. Die geeignete Wahl hängt in jedem besonderen Falle von den Umständen ab.

§. 180. Der Windfang ist ein vorzügliches Mittel zur Erzeugung einer gleichmäßigen Bewegung, doch ist auch seine Anwendung wie diejenige der Bremsen mit einer Vernichtung mechanischer Arbeit verbunden. Man wendet ihn daher nicht bei Maschinen an, welche ununterbrochen größere Arbeitsleistungen zu verrichten haben, sondern nur in Fällen, wo es sich darum handelt, während kürzerer Zeit eine möglichst gleichmäßige Bewegung zu veranlassen. So findet er häufigere Anwendung bei den Schlagwerken der Uhren zur Regulirung der Bewegung des sogenannten Laufwerkes während des Schlagens und bei den Morse'schen Schreibtelegraphen, wo die Bewegung des Papierstreifens eine möglichst gleichmäßige sein muß. Auch als Regulierungsmittel chronometrischer Apparate hat man ihn mit Vortheil verwendet; in allen Fällen handelt es sich nur um Ausübung kleiner Kraftwirkungen. Im Wesentlichen besteht der Windfang aus einer Axe oder Spindel *BC*, Fig. 728, welche zwei ebene Flügel *F* trägt, und welche von einer anderen Axe *D* aus durch ein Räderpaar, meist ein Schraubenräderwerk eine schnelle Umdrehung erhält. Die Bewegung wird der Triebab *D* dabei durch ein niedersinkendes Gewicht *G* resp. eine gespannte Feder entweder direct wie in der Figur oder durch ein zwischenliegendes Räderwerk er-

theilt. Die Flügel finden bei ihrer Umdrehung einen Widerstand der Luft, welcher, mit dem Quadrate der Geschwindigkeit zunehmend, bei einer gewissen Geschwindigkeit mit der treibenden Kraft der Ase *D* im Gleichgewichte ist,

Fig. 728.



so daß von diesem Augenblicke an die anfänglich beschleunigte Bewegung in eine gleichmäßige übergeht. Es findet hierbei also ein ganz anderes Verhältnis statt, als bei den Hemmungen der Uhren, insofern bei dem Windfange die Geschwindigkeit wesentlich mit der Größe der Betriebskraft zunimmt, wogegen die Geschwindigkeit der Uhren lediglich von der Zeitdauer der Pendel- oder Unruherschwingungen abhängt, welche von der Stärke des Triebwerkes nur in untergeordnetem Grade beeinflusst wird. Aus diesem Grunde ist auch die Bewegung des Windfanges auf die Dauer nicht vollkommen gleichmäßig, vielmehr sowohl mit dem Reibungszu-

stande des Apparates als auch mit der Beschaffenheit der atmosphärischen Luft veränderlich.

Bersteht man unter *F* den Inhalt der beiden Flügelflächen zusammen, oder, wenn die zuweilen verstellbar gemachten Flügel schräg zur Ase stehen, die auf ihrer Bewegungsrichtung senkrechte Projection der Flügelflächen, so hat man, unter γ das specif. Gewicht und unter ξ den Widerstandscoefficienten der Luft und unter *v* die Geschwindigkeit der Flügelmitten verstanden, den auf die Flügel wirkenden Luftwiderstand *Q* nach Thl. I, §. 539 zu

$$Q = \xi \frac{v^2}{2g} F\gamma.$$

Ist nun *P* die nach Abzug aller Zapfenreibungen und sonstigen Nebenhindernisse von dem Triebwerke am Halbmesser *r* des Rades *A* ausgeübte Kraft, so ist, wenn *l* noch den Axenabstand der Flügelmitten bedeutet:

$$Ql = \xi \frac{v^2}{2g} F\gamma l = Pr,$$

also

$$v = \sqrt{\frac{2g}{\xi} \frac{Pr}{Fl\gamma}}.$$

Die Geschwindigkeit der Flügel wächst also unter sonst gleichen Umständen wie die Quadratwurzeln der Umdrehungskraft. Der Widerstandscoefficient ξ ist nicht für alle Verhältnisse constant, man kann ihn für kleine rechteckuläre Flächen F zu

$$\xi = 1,254 \left(1 + 1,295 \frac{\sqrt{F}}{l} \right)$$

setzen.

Um zu erkennen, welchen Einfluß eine kleine Schwankung der Umdrehungskraft P auf die Geschwindigkeit v der Flügel habe, differentiire man obige Formel

$$v = \sqrt{\frac{2grP}{\xi Fl\gamma}} = k\sqrt{P},$$

so erhält man

$$\partial v = k \frac{\partial P}{2\sqrt{P}}.$$

Dividirt man die untere Gleichung durch die obere, so wird

$$\frac{\partial v}{v} = \frac{\partial P}{2P},$$

woraus man erkennt, daß eine gewisse procentische Aenderung von P nur eine halb so große procentische Veränderung von v im Gefolge hat.

Beispiel. Durch welches Gewicht G wird das in Fig. 728 dargestellte Flügelrad mit 10 Meter Flügelgeschwindigkeit umgetrieben, wenn das Gewicht an einem Trommelhalbmesser $DH = 0,12$ Meter wirkt, während der mittlere Flügelhalbmesser $l = 0,20$ Meter ist, die Seitenlänge jedes der beiden quadratischen Flügel 0,10 Meter beträgt, das Zahnrad DE $z = 30$ Zähne hat und die Schraube eine zweigängige ist?

Setzt man voraus, daß der Kraftverlust durch Reibung in dem Apparate 35 Procent betrage, so hat man das Umdrehungsmoment in Hinsicht auf die Flügelwelle

$$Pr = (1 - 0,35) \frac{2}{30} G \cdot 0,12 = 0,0052 G$$

zu setzen. Ferner ist die Fläche jedes der beiden Flügel 0,01 Quadratmeter und daher

$$\xi = 1,254 \left(1 + \frac{1,295 \sqrt{0,01}}{0,20} \right) = 2,066.$$

Das Gewicht eines Cubikmeters Luft $\gamma = 1,25$ Kilogramm gesetzt, erhält man daher aus

$$0,0052 G = \xi \frac{v^2}{2g} F \gamma l = 2,066 \frac{100}{2 \cdot 9,81} 2 \cdot 0,01 \cdot 1,25 \cdot 0,20 = 0,0527$$

$$G = 10,14 \text{ Kilogramm.}$$

Die Umdrehungszahl der Flügelwelle berechnet sich dabei zu

$$n = \frac{10 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,2} = 478.$$

Sollten die Nebenhindernisse um 10 Procent, also zwischen 30 und 40 Procent, schwanken, sollte also Pr möglicherweise um $\frac{5}{65} = 0,077$ des berechneten Werthes größer oder kleiner ausfallen, so würde die Umdrehungszahl nur etwa $\frac{1}{2} 0,077 = 0,0395$ sich ändern, also zwischen den Grenzen

$$478 \cdot 1,0395 = 497 \quad \text{und} \quad 478 \cdot 0,9605 = 459 \text{ Umdrehungen}$$

verschieden sein.

Der zur Bewegung des Flügelrades erforderliche Arbeitsaufwand beträgt, da das Gewicht mit einer Geschwindigkeit

$$w = \frac{2}{30} \frac{0,12}{0,20} 10 = 0,4 \text{ Meter}$$

sinkt, in jeder Secunde

$$Gw = 10,14 \cdot 0,4 = 4,056 \text{ Meterkilogramm.}$$

Gegengewichte. Ein vorzügliches Mittel zur Kraftregulirung sind die **§. 181. Gegengewichte.** In der Regel sind dies wirkliche Gewichte, welche durch ihr Steigen und Sinken die absehbende oder veränderliche Wirkung einer Kraft reguliren, bezw. zur Ueberwindung eines veränderlichen Widerstandes dienen, doch kann man die Gewichte auch durch den Druck des Wassers oder der Luft ersetzen, in welchem Falle man es mit den sogenannten hydraulischen und pneumatischen Gegengewichten oder Balanciers zu thun hat. Ist die zu regulirende Bewegung eine stetig rotirende, so wird das Gegengewicht fest mit der umlaufenden Axe verbunden, während bei absehbender geradliniger oder kreisförmiger Bewegung die Wirkung der Gegengewichte meist mit Hilfe von Hebeln oder Rollen auf den zu regulirenden Maschinentheil übertragen wird.

Bei der stetigen Kreisbewegung, wie z. B. derjenigen des Krummzapfens, ist nach jeder Umdrehung eine Bewegungsperiode vollendet, es kommt daher hierbei darauf an, daß das Gegengewicht innerhalb einer solchen abwechselnd steige und sinke, und zwar ersteres getrieben durch den Uberschuß der treibenden Kraft, letzteres zum Zwecke der Unterstützung derselben. Auch bei der absehbenden Bewegung findet ein gleicher Vorgang des Steigens und Sinkens während einer Bewegungsperiode statt, nur können hierbei zwischen den beiden Wirkungen auch Ruhepausen von beliebiger Dauer eintreten. In sehr vielen Fällen dient das Gegengewicht nur zur Ausgleichung des Gewichtes gewisser Maschinentheile, in welchem Falle deren Bewegung immer derjenigen des Gegengewichtes entgegengesetzt gerichtet sein muß, so daß letzteres sinkt, wenn jene emporsteigen und umgekehrt. Daraus erklärt sich bei absehbenden Bewegungen die Nothwendigkeit der doppelarmigen Hebel, bezw. der Rollen zur Umsetzung der Bewegung. Solche zweiarmige Hebel sind unter dem