

f) Ausführung der Bremsklötze.

Zu den Bremsklötzen soll kein Hartholz verwendet werden, da es glatt wird (wie poliert) und dann seinen Zweck verfehlt. Am besten eignet sich Pappelholz, jedoch auch Weißbuchen-, Linden- und Weidenholz. Die Fasern des Holzes sollen bei Wasserschmierung quer, bei Ölschmierung parallel zur Bewegungsrichtung der Bremsscheibe verlaufen.

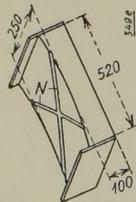


Abb. 12.
Bremsbacke für
größere Leistungen.

Die Schmierung der Bremsklötze bezweckt ruhigeres Arbeiten der Bremse. Zur Schmierung verwendbar ist jedes Öl oder auch Seifenwasser. Ohne Schmierung ändert sich der Reibungskoeffizient zwischen Backen und Scheibe ständig, was das Einspielen der Bremse bzw. die Ablesung der Belastung erschwert, die Bremse „steht nicht“.

Durch die Ölschmierung werden diese Schwankungen verringert. Die Nuten *N* (Abb. 12) bezwecken eine gute Verteilung des Schmiermittels.

Bei kleinen Bremsbacken können zur Vermeidung zu hoher Temperatur Wasserkühlung und Flächenschmierung vereinigt werden. Zu dem Zweck besitzt die hölzerne Bremsbacke (Abb. 13) eine schräge Nute, durch welche auf der einen Seite der Wasserzufluß und auf der



Abb. 13. Gekühlte Bremsbacke.

anderen Seite der Wasserabfluß stattfindet.

Die Wassermenge für Kühlung und Schmierung kann angesetzt werden, wenn *N* die Bremsleistung:

$$Q = 25 N \text{ in Liter in der Stunde.}$$

Die lichte Weite der Zuflußrohre müßte dann sein:

$$d = 2 \sqrt{N} \text{ in mm.}$$

Man kann auch das Kühlmittel durch ein Loch in der oberen Bremsbacke von Hand zuführen oder oben einen Öltopf nach Abb. 7 anordnen.

Durch Änderung der zugeführten Wassermenge ändert sich jedoch leicht der Reibungskoeffizient und beeinträchtigt die Gleichgewichtslage des Bremshebels.

g) Anordnung einer besonderen Bremsscheibe.

Im allgemeinen ist die Benutzung des Maschinenschwungrades als Bremsscheibe nur bei kurzer Bremsdauer (etwa 1 Stunde) statt-

haft, da sonst der Schwungradkranz trotz guter Schmierung mit Öl so heiß wird, daß infolge Ausdehnung des Radkranzes die Schwungradarme reißen.

Besser ist die Anordnung einer besonderen Bremsscheibe. Sie wird auf die Achse gesetzt (Abb. 8 und 15), falls diese lang genug ist, andernfalls nimmt man die am Schwungrad evtl. angeschraubte Riemenscheibe ab und schraubt nach Abb. 14 eine Bremsscheibe von 500 mm Durchmesser und entsprechender Breite an. Wasserkühlung nach Abb. 8 oder 15.

Untenstehende Abb. 15 zeigt eine größere Bremsscheibe für Wasserinnenkühlung. Die Zwischenrippen sollen den Wärmeübergang in das Wasser erleichtern.

Bei fliegend (auf Kopf der Welle) angeordneten Schwung-

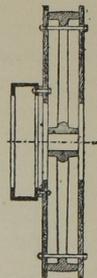


Abb. 14.
Fliegende Bremsscheibe.

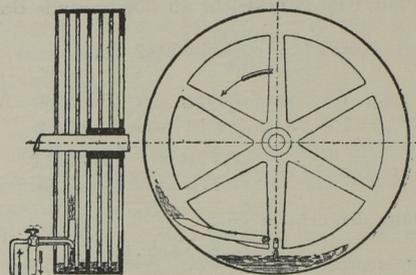


Abb. 15. Bremsscheibe mit Wasserinnenkühlung.

rädern kann man sich durch Aufschrauben der Bremsscheibe an das Schwungrad helfen, nach Abb. 14.

h) Weitere Ausführungen von Leistungsmessern.

1. Wasserwirbelbremse von Prof. Junkers.

In einem mit Wasser mehr oder weniger gefüllten Gehäuse *B* dreht sich ein Rotor *R*, der mit Stiften *S* versehen ist, die ihrerseits zwischen festen Stiften *S*₁ am Gehäuse durchlaufen. Durch das Peitschen des Wassers entsteht eine Widerstandskraft, die dem gelagerten Gehäuse eine Drehung zu erteilen versucht. Durch Balken, die am Bremsgehäuse angebracht sind, wird das Drehmoment mittels einer Meßvorrichtung (Wage oder dergl.) gemessen. Die größte Bremskraft entsteht bei ganz gefüllter Bremse. Durch

Verminderung des Wasserinhaltes läßt sich die Leistung bis auf annähernd Null herunterregeln. Da sich das Wasser bei der Bremsung erwärmt, muß der Bremse oben bei Z dauernd kaltes Wasser zufließen, während das erwärmte Wasser unten bei A durch ein Regelorgan abgelassen wird.

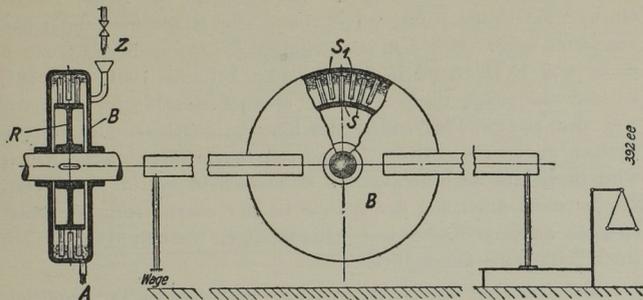


Abb. 16. Wasserwirbelbremse von Prof. Junkers.

Die Bremsen werden gebaut:

In fliegender Anordnung, unmittelbar auf den freien Wellenstumpf der zu bremsenden Maschine aufsetzend. Eine weitere Lagerung ist nicht erforderlich.

In doppelt gelagerter Ausführung (Abb. 16) mit Bock in Pendellagerung. Die größeren Typen dieser Bauart sind an den Naben mit einer Einrichtung zum genauen Einstellen und Zentrieren der Bremswelle mit der Welle des Antriebsmotors versehen. Diese Bremsen werden unmittelbar, möglichst mit einer nachgiebigen Kuppelung mit der Antriebsmaschine gekuppelt.

Die Bremsen sind leicht regelbar und für beide Drehsinne brauchbar. Sie messen vollständig genau, da auch die in den Bremsen entstehende Lagerreibung mitgemessen wird.

Bedingung ist, daß entsprechende Wassermengen vorhanden sind. Zur überschläglichen Bestimmung des Wasserverbrauchs nehmen wir an, daß die ganze in Wärme umgewandelte Bremsleistung in dem abfließenden Wasser enthalten ist, was nur annähernd zutrifft, dann ist

$$\text{nötige Wassermenge } Q = \frac{N \cdot 632}{t_2 - t_1} \text{ in kg/st bzw. l/st} \quad (13)$$

worin 632 Kal der Wärmewert einer PS/st,

t_1 in Grad Cels die Zulauftemperatur des Wassers,
 t_2 „ „ „ „ Abflauftemperatur „ „

Beispiel: Für $t_1 = 20^\circ$ und $t_2 = 65^\circ$ ergibt sich z. B. $Q \sim 14 N$ in l/st. Diese Menge wird sich etwas vermindern, weil ein kleiner Teil der entwickelten Wärme an das Bremsgehäuse usw. übergeht und an die umgebende Luft abgegeben wird.

Der Maschinen-Import E. Liebel in Eßlingen a. N. vertreibt eine Wasserbremse ähnlicher Bauart. Sie wird bis zu 2800 minutlichen Umdrehungen gebaut.

2. Froude-Wasserbremse der Germaniawerft* in Kiel. Sie wird viel benutzt, besonders für große Leistungen und ist infolge ihrer Bauart auch schon bei geringer Drehzahl genügend wirksam. Hauptteile sind das feststehende Gestell, der durch die zu bremsende Maschine in Bewegung gesetzte Läufer und dem um diesen auf Rollen im Gestell pendelnden Ständer. Das diesem erteilte Drehmoment kann in bekannter Art gemessen werden und zwar bei der Ausführung grob durch angehängte Gewichte und fein durch Zwischenschaltung einer Laufgewichtswage.

3. Bremsflügel** oder Windflügel sind 2 oder mehr mit der Maschinenwelle gekuppelte Flügel von verschiedener Form (in Abb. 18 ist die rechteckige Form schematisch dargestellt). Wie bei den Wasserwirbelbremsen das Wasser den Widerstand bildet, so bildet ihn hierbei die Luft. Wenn für einen bestimmten Flügel die Konstante, die wir mit K bezeichnen wollen, berechnet, oder durch Eichung bestimmt ist, dann ist die

$$\text{Maschinenleistung } N_e = K \cdot n^3 \text{ in PS}_e \dots \dots \dots (14)$$

d. h. sie ist nur noch abhängig von der 3. Potenz der Maschinendrehzahl.

Bremsflügel sind nur bei höheren Drehzahlen genügend wirksam, sie finden deshalb bei Automobil- und Flugzeugmaschinen Verwendung.

Als Nachteil wäre anzuführen, daß der in Betrieb gesetzte Bremsflügel sich auf eine ganz bestimmte Belastung einstellt, und die Regelung nur bei abgestellter Maschine erfolgen kann durch Verstellen der Flügel. (Dabei ändert sich auch die Konstante für Formel 14.) Zur Vermeidung einer Maschinenüberlastung ist diese Eigenart jedoch von Vorteil, denn eine Überlastung der Maschine bis zum Stillstand kann bei Windflügelbremsung nicht eintreten, weil, wie aus Formel 14 hervorgeht, der Widerstand am Bremsflügel sich in der dritten Potenz von n verändert, ein Nachlassen in der Drehzahl der Maschine also sofort eine wirksame Entlastung bedeutet.

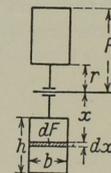


Abb. 18. Bremsflügel.

* El. Eng. Bd. 31, Seite 1283. Hydraulische Bremse von Stumpf, Z. d. V. d. Ing. 1907, S. 67. Wasserbremse von Rateau, Z. d. V. d. Ing. 1913, S. 1083.

** Vgl. Haeder „Des Technikers höhere Mathematik“ Nr. 411.

Beispiel: $N = 100$ PS, $n = 1000$. Fällt die Drehzahl nur um 1% auf $n_1 = 990$, so vermindert sich die nötige Maschinenleistung auf $N_1 = \frac{990^3}{1000^3} \cdot 100 = 97$ PS, also bereits um 3%.

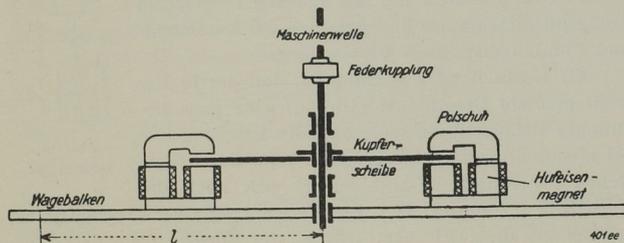
Ein weiterer Vorteil ist der Fortfall der Bremsflächenkühlung. Ausgeführte Bremsflügel (mit 2 Bremsflächen und $r_4 = \text{Null}$) zeigten folgende Abmessungen:

$R = 800$	830	840 mm
$b = 140$	150	160 „
$K = \frac{524}{10^9}$	$\frac{653}{10^9}$	$\frac{730}{10^9}$ *

Für eine Drehzahl von $n = 1500$ je min ist dann z. B. die Bremsleistung $N = K \cdot n^3 \sim 177$ 220 246 PS.

4. Wirbelstrombremsen dienen dazu, feine Messungen an nicht zu großen Maschinen vorzunehmen. Die Wirbelstrombremse besteht vielfach aus einer etwa 8 mm dicken Kupferscheibe, die sich in einem Magnetfelde dreht. Hierbei erfährt diese Scheibe einen Widerstand. Es entsteht eine Kraft, welche die Feldmagnete in der Drehrichtung mitzunehmen sucht.

Nach einer nach Prof. Fr. Feñsner für die Reichsanstalt entworfenen Bremse** ist die beiderseitig gelagerte Kupferscheibe mit dem zu untersuchenden Motor direkt oder mittels einer Federkupplung verbunden, während das diese Scheibe umfassende Magnet-system entweder um die gleiche Achse oder in Schneiden drehbar gelagert und mit einem Wagebalken verbunden ist, der in der Entfernung l vom Drehpunkt das Gewicht G aufnimmt. Anstatt



der mechanischen Reibung zwischen Bremscheibe und Zaum wird also hier der erforderliche Widerstand auf elektrischem Wege erzeugt. Die vorgesehenen Hufeisenmagnete müssen von einer Stromquelle entsprechend erregt werden, weshalb ein veränderlicher Widerstand eingeschaltet sein muß.

* Rechnerisch bestimmt nach Haeder, Des Technikers Höhere Mathematik, Nr. 411.

** Elektrotechnische Zeitschrift 1901, S. 603.

Zufolge der in der Kupferscheibe auftretenden Wärme, welche durch Ausstrahlung an die umgebende Luft abgegeben werden muß, kann man mit einer solchen Bremse nur geringe Leistungen etwa bis 5 PS abbremsen, oder man muß Wasserkühlung anwenden. In letzterem Falle verwendet man 2 Scheiben in einem Abstände. In dem so gebildeten Hohlraum tritt in Nähe der Achse Wasser ein und am Umfang aus, wo es durch eine Rinne gesammelt und abgeleitet wird. Bei dem elektrischen Präzisions-Bremsdynamometer von E. H. Rieter in Elektrotechn. Zeitschr. 1901, Seite 194, ist um das magnetische Feld ein eiserner Ring angeordnet, der von der zu untersuchenden Maschine unmittelbar oder mittels Riemen angetrieben wird. Die so zugeführte mechanische Arbeit wird in elektrische Energie und schließlich in Wärme umgesetzt. Zur besseren Ableitung der Wärme ist der eiserne Ring an seiner äußeren Kreisoberfläche mit rillenförmigen Vertiefungen ähnlich einer Seilscheibe ausgeführt.

Bei einzelnen Ausführungen ist als umlaufender Teil unmittelbar das Schwungrad benutzt, und an seinem äußeren Umfange sind 2 oder mehrere Feldmagnete angeordnet, die an einem um die Welle drehbaren Wagebalken befestigt sind.

5. Elektrodynamische Leistungswage von Dr. Levy, Berlin N 65.

Die Elektrodynamische Leistungswage stellt eine Dynamomaschine dar, deren Anker doppelt drehbar gelagert ist.

Der Anker ist wie bei normalen Maschinen in dem Gehäuse gelagert und dieses in Kugellagerböcken nochmals drehbar angeordnet (Abb. 20-21), so daß es zwischen zwei einstellbaren Anschlägen frei schwingen kann. Das Gehäuse ist beiderseitig mit Wagebalken versehen, von denen je nach der Drehrichtung der eine oder andere durch Gewichte belastet wird.

Wird nun die Leistungswage mit der zu untersuchenden Maschine gekuppelt bzw. angetrieben und der erzeugte Strom entnommen, so übt der sich drehende Anker auf das Maschinengehäuse ein Drehmoment aus, dem das nachgiebig gelagerte Gehäuse folgen will. Durch Gewichtszug am gegenüberliegenden Wagebalken wird dies verhindert und gleichzeitig das Drehmoment hierdurch gemessen.

Die Elektrizität übernimmt also, nur die Mitnahme des Gehäuses verursacht also ein Drehmoment, dessen Größe durch Regelung an der Schalttafel eingestellt wird. Gemessen wird das Drehmoment durch Belastung des Wagebalkens. Die Berechnung

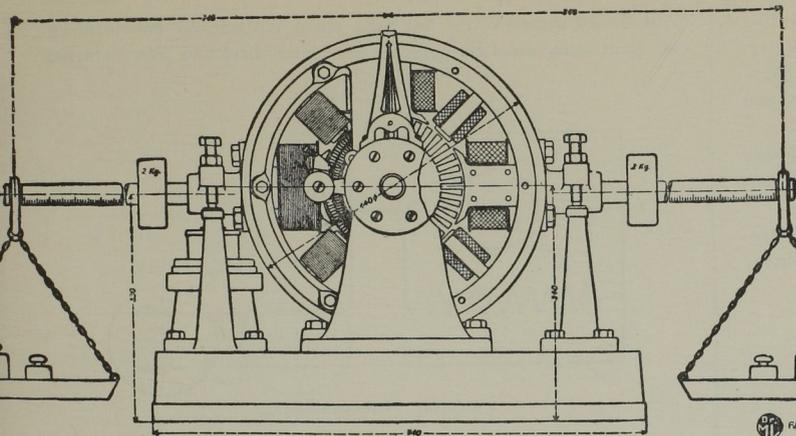
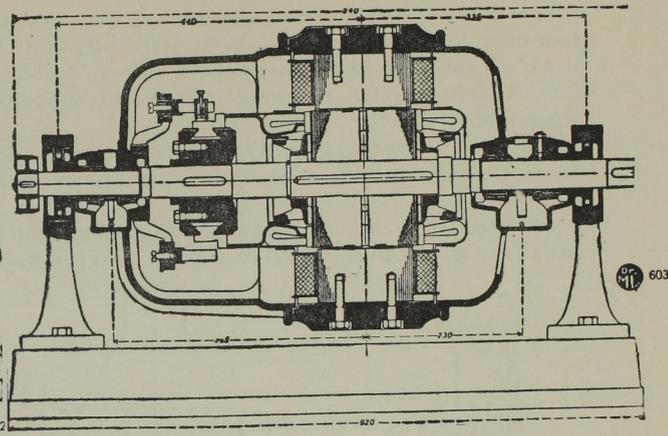


Abb. 20.



Leistungswage von Dr. Levy.

Abb. 21.

der Bremsleistung erfolgt wie beim Pronyschen Zaum nach Formel 5.

Die Leistungswagen können für Gleichstrom und Drehstrom gebaut werden. Bisherige Ausführung zwischen $N = 2 \text{ PS} \div 300 \text{ PS}$, $n = 500 \div 3500$. Der erzeugte Strom kann nutzbar verwertet werden. Wenn hierzu keine Gelegenheit vorhanden ist, erfolgt die Vernichtung des Stromes in Belastungswiderständen, vgl. i 3.

i) Elektrische Leistungsmessung.

Man läßt die zu untersuchende Maschine eine Dynamomaschine antreiben, verwandelt die Energie der Arbeitsmaschine also in Elektrizität, indem man die Dynamomaschine entsprechend belastet.

Spannung V in Volt und Stromstärke J in Ampere werden bei Gleichstrom getrennt am Schaltbrett abgelesen und aus dem Produkt $p = V \cdot J = \text{Voltampere}$ oder Watt die Maschinenleistung wie folgt ermittelt (bei Wechsel- und Drehstrommaschine kann man unmittelbar von dem Wattmeter ablesen):

1. Wenn Maschine und Dynamo unmittelbar gekuppelt.

$$736 \text{ Watt} = 75 \text{ mkg/sek} = 1 \text{ PS, mithin ist,}$$

wenn η' der Wirkungsgrad der Dynamomaschine:

für Gleichstrommaschinen

$$\text{Maschinenleistung } N = \frac{p}{736 \cdot \eta'} \text{ in PS}_e \dots \dots \dots (15)$$

für Wechselstrommaschine dagegen

$$\text{Maschinenleistung } N = \frac{p \cdot \cos \varphi^*}{736 \cdot \eta'} \text{ in PS}_e \dots \dots (16)$$

Für neue in Ordnung befindliche Dynamos ist $\eta' = 0,9$.

2. Wenn der Dynamoantrieb durch Riemen erfolgt, darf zu der nach Formel 15 und 16 errechneten Maschinenleistung ein Zuschlag von 2% gemacht werden, für Leistungsverlust durch Riemenrutsch und dergl.

3. Einschaltung künstlicher Widerstände.

Nicht immer ist es möglich, die Dynamomaschine voll auf das Netz arbeiten zu lassen. In diesem Falle muß die erzeugte elektrische Arbeit durch Einschalten künstlicher Widerstände, wie Glühlampen, Drahtspiralen oder Wasser vernichtet werden. Die Wasserwiderstände sollen etwas näher beschrieben werden.

Bei Gleichstrombetrieb werden 2 oder mehr Eisenbleche (jedoch gerade Anzahl) mit der Leitung der Dynamomaschine leitend verbunden und zwar abwechselnd eine Platte mit dem + Pol, die

* Da bei Wechselstrom die sinöidisch verlaufende Spannungskurve gegen die Stromkurve um den Winkel φ verschoben sein kann, so ist die wirkliche elektr. Leistung gleich der scheinbaren (am Schaltbrett abgelesenen) mal $\cos \varphi$. Also wirkliche elektr. Leistung = Voltamp. $\times \cos \varphi$.

Bei Vollbelastung ist $\cos \varphi \sim 0,9$, bei Teilbelastung sinkend bis 0,7 und darunter $\dots \dots \dots (16a)$
Vgl. auch Haeder, Konstr. u. Rechnen. § 383.