Berechnung

des

Schraubengeblaeses

auf der Muldener Schmelzhütte

als

Examen-Arbeit

im academischen Lehrjahre 18$\frac{37}{38}$

von

Otto Hodrach

Die Berechnung des Schraubengebläses will ich in 2 Hauptabschnitte theilen 1, in die Berechnung von der Einrichtung des Gebläses selbst, und 2tens in die Berechnung von der das Kehrrad in Bewegung setzenden Maschine, dem Kehrrade; und der Einrichtung des letztern, und der der Schraube selbst folgt dann die Einrichtung der ganzen Maschine.
Die Berechnung des ~~wirklich ausgebl~~ Schraubengebläses selbst zerfällt wiederum in 2 Abtheilungen.
1stens in die Bestimmung des wirklich ausgeblasenen Windquantums.
2tens in die Bestimmung des Windquantums, welches von der Maschine aufgenommen wird.
Dieses letztere dividirt in das erstere giebt die Leistung des Schraubengebläses selbst.
Der Ausdruck $v = 2\sqrt{gh}$ gilt für die Geschwindigkeit jeder aus einem

Gefäße ausströmenden Flüssigkeit, wo h die Druckhöhe und g die Beschleunigung der Schwere bezeichnet.

Beim Ausströmen der Luft ist aber das Übermaß des Drucks der innern Luft über den der äußeren Luft durch eine Quecksilbersäule angegeben; oder wenn man diese Quecksilbersäule auf eine ebenso starke Luftsäule reducirt, so bekommt man die der Luft angehörige Druckhöhe $= \frac{h}{d}$, wo d die Dichtigkeit der Luft bezeichnet und die Geschwindigkeit der ausströmenden Luft $v = 2\sqrt{\frac{gh}{d}}$.

Es ist aber $d = \frac{0,00171\,(b+h)}{13,598\,(1+0,00375\,t)}$.

Es bezeichnet in dieser Formel b den Barometerstand in Meter, also durchschnittlich kann man ihn zu 0,76 Meter annehmen, und t die Temperatur in Centesimalgraden

$$v = 394,89 \sqrt{\frac{(1+0,00375\,t)\,h}{b+h}} \text{ Meter.}$$

$$\text{oder} = 1394,4 \sqrt{\frac{(1+0,00375\,t)\,h}{b+h}} \text{ Dresd. Fuß.}$$

Setzt man den Querschnitt der Ausflußöffnung $= a$, so folgt die

ausfließende Windmenge $M = av$.
, wenn nämlich die Druckhöhe während des Ausfließens immer dieselbe bleibt, was beim Gebläse allerdings angenommen werden muß.
Da die Luft aber noch durch eine Röhrenleitung geht, so wird die Geschwindigkeit noch durch den Widerstand an den Röhrenwänden vermindert.
Ich will hier eine mittlere Länge annehmen, und zwar als solche die Röhrentour die bis zum Ofen No 7 führt.
, und die Röhrentour vom Gebläsehaus nach dem Ofen No 8 hinzuführt, und von der parallel der Erzmauer sich hinzieht. Nennt man die Länge der Röhrentour $l = 50'$ die Weite der Röhre $d = 10$ Zoll, die Weite der Ausflußöffnung oder Düsenöffnung $d_1 = 2$ Zoll, die mittlere Geschwindigkeit u, die Manometerhöhe am Anfange der Leitung h, am Ende derselben h_1, und bezeichnet endlich ν einen durch Erfahrung gefundenen Coefficienten, so ist die Widerstandshöhe $h - h_1 = \frac{\nu l u^2}{d}$.

Setzt man den Contractionscoefficienten nach D'Aubuisson gleich 0,94, so ist die Geschwindigkeit des ausströmenden Windes $v = \frac{\mu d^2}{d_1^2} u$

$$\frac{v l u^2}{d} = \frac{\nu}{\mu^2} \frac{l d_1^4}{d^5} v^2 = \frac{\varphi l d_1^4 h_1}{d^5}$$

Nach den Versuchen D'Aubuissons kann man

$\varphi = 0,0238$ setzen

Man erhält durch mehrfache Umformung obiger Formeln:

$$h_1 = \frac{h}{1 + \frac{\varphi l d_1^4}{d^5}}$$

Die Spannung des Windes wird bei einem Schraubengebläse durch eine Wassersäule gemessen welche 21 bis 23 Zoll oder durchschnittlich 22 Zoll höher als der Druck der Atmosphäre ist. Reducirt man diese Wassersäule auf eine Quecksilbersäule so erhält man $h = 1,6178$ Zoll; setzt man nun die für h, φ, l, d, d_1 bestimmten Werthe ein so erhält man, wenn man $b = 27$ Zoll annimmt.

$$v = 294,98 \sqrt{\frac{(1 + 0,00375\, t)\, 1,6178\, b}{(1 + 0,0238)\left(b + \frac{h}{1 + 0,0238} \cdot \frac{l d_1^4}{d^5}\right)}}$$

$$v = 394{,}98 \sqrt{\frac{(1+0{,}00375t)h}{\left(1+0{,}0238\frac{l\,d^4}{d^5}\right)b+h}}$$

$$= 394{,}98 \sqrt{\frac{(1+0{,}00375.\,15)\,1{,}6178}{\left(1+\frac{0{,}0238\left(\frac{2}{12}\right)^4 50}{\left(\frac{10}{12}\right)^5}\right)27+1{,}6178}}$$

$$= 108{,}18 \text{ Meter} = 382{,}09 \text{ Fuß.}$$

Hieraus folgt daß in der Secunde ausströmende Windquantum $M = \left(\frac{1}{12}\right)^2 \pi\, 382{,}09$.
$= \frac{382.\pi}{144} = 8{,}336$ C.F. pro secunde.
oder pro minute $60.\ 8{,}336 = 500{,}16$ C.Fuß.
Die Dichtigkeit δ dieser Luft im Ergänzung auf die äußere $\delta = \frac{b+h_1}{b} = \frac{b + \frac{h}{1+0{,}0238\frac{l\,d^4}{d^5}}}{b}$

$$\delta = \frac{27 + \frac{1{,}6178}{1{,}0022848}}{27} = \frac{28{,}614}{27} = 1{,}0598$$

Es wird demnach ein Windquantum von der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft pro minute ausgeblasen, welches gleich $500{,}16.\ 1{,}0598 = 530{,}05$ C.C. Fuß.
Um die Leistung des Schwarzenberg Bläsers zu finden wollen wir zur zweiten Abtheilung der Berechnung schreiten; nemlich zusehen, wie viel größtes Windquantum das Gebläse

aufzunehmen im Stande ist.

2tens. Berechnung des Windquantums von der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft, welche das Gebläse ausblasen würde, wenn keine Nebenhindernisse statt fänden.

Das Schraubengebläse nimmt bei jedem Umgang abwechselnd 1 Volumen Luft und 1 Volumen Wasser auf. Dieß Volumen Wasser oder Luft $I = \frac{a}{2}L$, wo a den Querschnitt des Gebläsehalses weniger Querschnitt d. Welle, L die Entfernung eines Schraubenganges vom andern ist. Der Durchmesser des Mantels ist 9 F. 6 Zoll, der der Welle = 1' 6"; demnach erhält man für $\frac{aI}{2}$

$$\frac{aI}{2} = \left[\left(\frac{19}{4}\right)^2 - \left(\frac{3}{4}\right)^2\right] \frac{\pi L}{2} = 84,728 \text{ C. Fuß}.$$

bei jedem Umgange nimmt das Gebläse also 84,728 C.F. Luft auf. Also bei 6,5 Umdrehungen, welche dasselbe pr. m. macht, $6,5 \cdot 84,728 = 551,1732$

Berechnen wir ferner das Kraftmoment, welches zur Umdrehung des Gebläses und der Zwischenmaschinen erforderlich ist, so haben

wie endlich das eine Kraftmoment,
welches zum Ingangsetzen der Rührflächen
dienlich ist $= \mathfrak{M}_x$. Zweitens das Moment
der Reibung am unteren Zapfentheile,
welcher aus einer Halbkugel besteht $= W$
3tens $W_1 =$ das Moment der Reibung am
unteren Zapfen ~~plus dem~~, welcher aus
einem Cylinder besteht plus dem Moment
der Reibung des oberen Zapfens der Schraube.
4tens das Moment der Reibung zwischen
den Zähnen der beiden conischen Räder,
welche die ~~horizontale~~ verticale Drehung in eine
geneigte umsetzen $= W_2$.
5tens das Moment der Reibung an
der Zwischenwelle $= W_3$
6tens das Moment der Reibung zwischen den Zähnen der beiden conischen
Räder, welche die horizontale Drehung
in die verticale umsetzen $= W_4$
7tens das Moment der Reibung am
unteren Zapfen der stehenden Welle des
Treibrades.
Eigentlich wäre noch die Reibung zwischen
den Schraubengängen, dem Mantel,
den Wagen innerhalb des Mantels und
zwischen den Flügeln zu berechnen.
Wegen der großen Schwierigkeit,

, welche die Bestimmung dieses Reibungs-
momentes mit sich bringt, kann sie im
gegenwärtigen Falle nicht durchgeführt
werden. Man kann sie aber ohne einen
erheblichen Fehler in die Rechnung zu
bringen, zu $\frac{1}{10}$ des reinen Kraftmo-
mentes annehmen.

Das Kraftmoment ohne Berücksich-
tigung aller Nebenhindernisse ist
$Pv = hnq = \frac{22 . 551 . 49}{12 . 60} = 824,9$ F℔.
Rechnet man nun noch $\frac{1}{10}$ Pv auf das
Reibungsmoment zwischen dem Wasser und der
Schaufeln, so erhält man $P_1 v = 824,9 + 82,49$
$= 907,39$ F℔.

2tens Das Reibungsmoment W des unteren
halbkugelförmigen Stahlzapfens
ist gleich $W = \frac{2}{3}\varphi r G \sin\alpha \frac{\pi\alpha}{90} = \frac{2 . 1 . 11}{3 . 3 . 48}$ $6930 \sin 20°$
$= 17,28$ F℔. Es bezeichnet nämlich
r den Halbmesser des Zapfens $= \frac{5\frac{1}{2}''}{2} = \frac{11}{48}$ Fuß.
G das Gewicht der Schaufel nebst des Zapfen
$= 6930$ ℔, α den Neigungswinkel des
Gehäuses gegen den Horizont $= 20°$
~~u = 6,5 die Umdr.~~. φ ist $= \frac{1}{3}$ angenommen.

3tens. Das Moment der Reibung am
unteren cylindrischen Zapfenstücke, und
am oberen Zapfen kann man zugleich
berechnen, indem man durch den

Halbmessern der beiden Zapfen das arithmetische Mittel nimmt, und dann das Reibungsmoment von einem Zapfen, der diese Stärke besitzt berechnet.

$$W_1 = \varphi\left(\frac{r+r_1}{2}\right)\frac{\pi G n n_1 . u}{30} = \frac{\frac{1}{5}\left(\frac{4}{48}+\frac{7}{24}\right)\frac{1}{2}\pi\, 6930 \cdot 1110 \cdot 6{,}5}{30}$$

$= 69{,}8$ F℔.

4tens Reibungs^moment^ zwischen den Zähnen
N ($=62$) bedeutet die Anzahl der größeren Rades n ($=25$) die des kleinern. P_2 die auf den Halbmesser reducirte Kraft, μ nimmt ebenfalls $=\frac{1}{5}$ an.

$$W_2 = \mu\pi\frac{(N+n)}{Nn}P_2 = \mu\pi\left(\frac{62+25}{62 \cdot 25}\right)P_2$$

$= 0{,}073997\, P_2$ ...

5tens Das Reibungsmoment zwischen den Zapfenlagern der Zwischenwelle.

$$W_3 = \varphi \cdot \frac{\pi \cdot r_2\, \pi G_1 u}{30},$$ r_2 ist der Halbmesser

abgedrehten Theile der Zwischenwelle $=\frac{2}{12}$ F.
G_1 das Gewicht derselben inclusive der 2 Räder an derselben $= 1211$ ℔.

$$W_3 = \frac{1}{5}\,\frac{\pi\, 2}{12}\,\frac{1211 \cdot 6{,}5}{30} = 57{,}553.$$

6tens Das Reibungsmoment der Zähne der conischen Räder, welche die horizontale Drehung in eine verticale umsetzen.
$n = 25$ die Anzahl der Zähne des einen

Rades, n_1 $(=18)$ die Anzahl der Zähne des andern Rades. P_3 die auf den Halbmesser reducirte Kraft.

$$W_4 = \mu\pi\left(\frac{n+n_1}{n n_1}\right)P_3 = \mu\pi\left(\frac{25+18}{25.18}\right)P_3 = 0{,}0100866\,P_3$$

7tens Das Reibungsmoment des unteren Zapfens vom Kreiselrade.

$W_5 = \frac{\pi}{8}\,\varphi\, G_2\, r_3$. (es ist $G_2 = 1650$ Pf. $r_3 = \frac{1}{24}$ F.)

$W_5 = \frac{\pi}{8}\,\frac{1}{3}\,1650 \cdot \frac{1}{24} = 8{,}999$ F.Pf.

Es ist also das Kraftmoment, welches das Kreiselrad wirklich ausübt.

$$P_1 v = P_0 + W + W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5.$$

Setzt man die oben gefundenen Werthe für P_0, W, W_1 etc. ein, so erhält man:

$$P_1 v = 907{,}59 + 17{,}28 + 69{,}38 + 0{,}0739\,P_2 + 57{,}553 + 0{,}0100866\,P_3 + 8{,}999$$
$$= 1118{,}5 \text{ F.Pf.}$$

Wir kommen nun zur 2ten Hauptabtheilung, zur Berechnung des Kreiselrades; wo nur das Gefälle, die mittlere Geschwindigkeit des ausströmenden Wassers, die Geschwindigkeit des Rades, und die Dimensionen des letzteren noch gegeben sind.

Man soll daraus das Aufschlagewasser zu berechnen, den Effect des Kreiselrades, und daraus mit Zuziehung des Reibens den Effect der ganzen Maschine berechnen.

Nennt man das zu Gebote stehende Gefälle $H = 3$ Fuß, so ist das Wasserquantum $m = \frac{Pv}{H\gamma}$, ohne Rücksicht bezüglich des Kraftverlustes, welchen das Kreiselrad mit sich bringt.

zum $m = \frac{1118,5}{147} = 7,615$ C.F. p. Secunde.

Um aber das Wasserquantum, welches wirklich zum Betrieb der Maschine erforderlich ist zu bestimmen, dient nachfolgende Formel

$$Pv = \left[c.\cos\alpha - \left(\frac{R}{r}\right)^2 v + \frac{R}{r}\cos\delta\sqrt{c^2 + \frac{Rv^2}{r} - 2cv\cos\alpha}\right]\frac{vm\gamma}{2g}.$$

c ist die Geschwindigkeit des einfallenden Wassers $c = 7,125\sqrt{H} = 7,125\sqrt{3} = 12,341$, α

v ist die Geschwindigkeit, mit welcher das Rad im inneren Kreise umläuft.

$v = \frac{31}{9}\frac{n\pi.r}{30} = 7,2$ Fuß.

α ist der Winkel, unter welchem das Wasser an die Schaufeln herankömmt.

Bei Construction des Rades geht man von dem Prinzip aus, daß $\cos\alpha = \frac{c}{2v}$ sein muß. [illegible]

Für unseren Fall:

$$\cos\alpha = \frac{12,341}{14,4} = 0{,}85602\ ; \quad \alpha = 30^\circ$$

R ist der äussere Halbmesser des Rades $= 2\frac{5}{8}$ F., r der innere Halbmesser des Rades $= 2\frac{1}{12}$ Fuss.

δ ist der Winkel, um welchen man die äusseren Enden der Radschaufeln aus der tangentialen Richtung aufwärts biegt.

$\delta = 15^\circ$.

Substituirt man diese so bestimmten Werthe, so erhält man

$$m_1 = \frac{1118{,}5 \cdot 2 \cdot g}{\left[12{,}341\cos\alpha - \left(\frac{17 \cdot 12}{6 \cdot 25}\right)^2 \cdot 7{,}2 + \left(\frac{17 \cdot 12}{6 \cdot 25}\right)\cos\delta \sqrt{12{,}341^2 - \frac{17}{6} \cdot \frac{7{,}2^2 \cdot 12}{25} - 2 \cdot 12{,}3\cos\alpha}\right] 7{,}2 \cdot g}$$

$$= \frac{1118{,}5 \cdot 34{,}64}{7{,}2 \cdot 49 \cdot 7{,}605} = 14{,}04 \text{ C.S.}$$

Es ist demnach der Wirkungsgrad des Kreiselrades $\mu = \frac{7{,}615}{14{,}04} = 0{,}5431 = \frac{m}{m_1}$

Also der Wirkungsgrad der ganzen Maschine $\frac{824{,}9 \cdot 0{,}5431}{1118{,}5} =$

$$\mu_1 = 0{,}2021.$$