einen über die Peripherie der Zähne vortretenden Rand; diese Ränder sind so angeordnet, dafs sie, wenn die Kuppelung eingerückt ist, nicht dicht zusammenschliefsen, sondern einen Zwischenraum lassen, in welchen der kurze Arm eines Hebels eingelegt werden kann, der aufserhalb der Kuppelung an einer Stütze einen festen Drehpunkt hat. Auf dem Ringstück, welches zwischen dem vorspringenden Rand und der äufsern Peripherie der Zähne gebildet wird, befindet sich an der verschiebbaren Kuppelungsscheibe ein Vorsprung, welcher einen Theil eines Schraubengewindes bildet und so allmählich den Zwischenraum zwischen beiden Rändern verengt. Wird nun das Ende des vorerwähnten Hebels, welcher etwa die Dicke des Zwischenraumes hat, zwischen die Ränder der beiden Scheiben gebracht, so wird sich beim Rotiren der Wellen der Vorsprung gegen die Seite des Hebels drängen, und so die verschiebbare Scheibe zu einer Seitenbewegung nach der Länge der Welle zwingen, bis die Zähne der Kuppelung aufser Eingriff sind, und die getriebene Welle still steht. Der Vorsprung mufs also wenigstens so weit über die angreifende Seitenfläche des Hebels hervorragen, als der Weg beträgt, um welchen die seitliche Verschiebung erfolgen soll, die etwas mehr als die Höhe der Zähne ausmacht; es bildet also die Höhe dieses Vorsprungs die Steigung der Schraubenfläche für den Bogen, welchen sie während des Ausrückens durchläuft; jenachdem nun dieser Bogen die ganze Peripherie, oder nur einen Theil derselben (hier etwas weniger als $\frac{1}{4}$) beträgt, wird die Kuppelung langsamer oder geschwinder ausgerückt. Man pflegt bei langsam gehenden Wellen auch wohl mehrere solcher Vorsprünge anzuordnen, um so die Zahl der Punkte auf der Peripherie zu vermehren, an welchen die Ausrückung Statt finden kann. Damit der Hebel, wenn er einmal eingelegt ist, nicht zu tief durchschlagen kann, ist ein Knaggen an der Stütze angebracht, auf welchen sich der Hebel auflegt. Um die Kuppelung, nachdem der Hebel zurückgeschlagen worden, wieder einrücken zu können, ist eine Rückgabel vorhanden.

Friktionskuppelungen.

§ 114. Es kommen Fälle vor, in welchen der Widerstand in der getriebenen Welle plötzlich so bedeutend zunimmt, dafs das auf Torsion wirkende Moment dasjenige beträchtlich übersteigt, für welches die Welle, selbst mit Rücksicht auf die vier- bis achtfache Sicherheit (S. 237) berechnet worden ist. Die Folge davon könnte ein Bruch oder wenigstens eine bleibende Verdrehung der Welle sein. Dies kommt z. B. vor bei Walzwerken, wenn irgend ein ungehöriger Körper zwischen die Walzen geräth, und in ähnlichen Verhältnissen. Man sucht für solche Fälle eine Kuppelung zu konstruiren, welche nur die Uebertragung bis zu einem bestimmten Torsions-Moment an die getriebene Welle gestattet, die Uebertragung jedes gröfseren Torsions-Momentes aber versagt. Diesen Anforderungen genügen die Friktionskuppelungen.

Bei den Friktionskuppelungen wird der bei der Uebertragung Statt findende Druck durch Reibung der getriebenen Welle mitgetheilt. Die Reibung ist so zu reguliren, dafs sie einem ganz bestimmten Drucke das Gleichgewicht hält, von dem Drucke jedoch überwunden wird, sobald er über jenes Maafs anwächst; in diesem Falle ist die Reibung nicht im Stande, den gröfseren Druck an die getriebene Welle zu übertragen, es findet ein Gleiten statt, und der Ueberschufs des Druckes wird durch die Arbeit konsumirt, welche er durch die Ueberwindung der Reibung verrichtet.

Wächst der bei der Uebertragung wirkende Druck dadurch an, dafs der Widerstand in der getriebenen Welle über ein gewisses Maafs zunimmt, so bleibt diese stehen, und die treibende Welle bewegt sich fort, indem gewisse Kuppelungstheile über einander fortgleiten. Wenn dagegen der Widerstand in der getriebenen Welle das Maximum erreicht hat, welches durch die Kuppelung übertragen werden kann, und es wächst der Druck in der treibenden Welle, so bewegt sich die getriebene Welle mit einer gewissen Geschwindigkeit fort, während die treibende Welle eine gröfsere Geschwindigkeit annimmt; es entsteht also zwischen beiden Wellen eine relative Geschwindigkeit, mit welcher eben die Reibung fortbewegt wird, und welche den Ueberschufs an Druck und Arbeit konsumirt.

Man hat im Allgemeinen drei Systeme, um bei Friktionskuppelungen die Reibung zu erzeugen und an die getriebene Welle zu übertragen, nämlich:

1) Die Reibung wird auf der Mantelfläche einer cylindrischen Scheibe durch ein umgelegtes Band (Schlofsband) erzeugt, indem man das Band mittelst Schraubenbolzen spannt; die Uebertragung geschieht durch einen Mitnehmer (S. 308).

2) Die Reibung wird auf der Mantelfläche zweier Kegel, von denen der eine einen hohlen, der andere einen vollen Kegel darstellt, erzeugt, indem man die beiden Kegel mit einem

angemessenen, nach der Richtung der Wellenaxen wirkenden Druck ineinander schiebt; die Uebertragung an die Wellen geschieht durch die Kegel selbst, indem auf jedem Wellenende ein Kegel angeordnet ist.

3) Die Reibung wird an der Grundfläche zweier cylindrischen Scheiben erzeugt, indem man dieselben mittelst Schraubenbolzen aneinander prefst. Die Uebertragung geschieht durch die Scheiben an die Wellen.

Taf. 16. Fig. 5 zeigt eine Friktionskuppelung mit cylindrischer Scheibe und Schlofsband. Auf der treibenden Welle ist eine Scheibe befestigt, welche auf ihrer äufsern Peripherie mit einer Nuth versehen ist; in diese Nuth wird ein Schlofsband eingelegt, d. i. ein schmiedeeisernes Band, welches in seiner Höhlung genau passend zu der gut abgedrehten Scheibe bearbeitet ist. Das Schlofsband besteht aus zwei Hälften, damit man es in die Nuth gehörig einlegen kann; durch Schraubenbolzen werden diese beiden Hälften nicht allein vereinigt, sondern auch mit einem gewissen Druck gegen die Scheibe geprefst; es wird dadurch zwischen der Peripherie der Scheibe und dem Bande eine entsprechende Reibung erzeugt, welche durch das Anziehen der Schrauben genau regulirt werden kann, und welche dem zu übertragenden Drucke gleich gemacht werden mufs. Auf der Welle sitzt ein Mitnehmer, der mit seinen Vorsprüngen hinter den Köpfen der Schraubenbolzen liegt, und so lange von der treibenden Welle mit in Umdrehung versetzt wird, als das Schlofsband auf der Scheibe nicht gleitet. Die Verhältnisse dieser Anordnung sind in folgender Weise zu berechnen. Taf. 16. Fig. 5.

Es bezeichne:

P den Druck in der Peripherie der Scheibe,

D den Durchmesser der Scheibe,

d den Durchmesser eines Halszapfens, welcher für das zu übertragende Torsionsmoment berechnet ist; also im Allgemeinen des Halszapfens der getriebenen Welle*),

---

*) Will man dem Zapfen oder der Welle eine gröfsere Sicherheit geben, als der Kuppelung, so ist doch unter d immer der Zapfen zu verstehen, welcher dieselbe Sicherheit gewährt, wie die Kuppelung. Soll z. B. die Kuppelung ein gegebenes Moment PR übertragen, der Halszapfen oder die Welle aber die $x$fache Sicherheit für dieses Moment gewähren, so würde man das d, welches für die Verhältnisse der Kuppelung maafsgebend ist, finden, indem man die berechnete, oder aus den Tabellen XVII und XVIII auf S. 270 entnommene Zapfenstärke mit $\sqrt[3]{x}$ dividirt.

h die radiale Dimension für den Querschnitt des Schlofsringes,

b die Dimension desselben, parallel mit der Axe,

δ den Durchmesser jedes der vier stählernen Schraubenbolzen zum Anziehen des Bandes.

Wenn die Uebertragung des Druckes von dem Schlofsringe an den Mitnehmer Statt findet, so hat das Ende des Schlofsringes, welches an den Vorsprung angreift, und unmittelbar schiebend wirkt, eine gröfsere Spannung zu erleiden, als das andere Ende, und zwar ist diese Spannung gröfser um den Werth der Reibung, welche auf dem umschlossenen Theile der Peripherie Statt findet. Bezeichnen wir die gröfsere Spannung mit T, die kleinere mit t, und berücksichtigen wir, dafs der Werth der Reibung auf der ganzen Peripherie der Scheibe gleich dem zu übertragenden Drucke sein mufs, folglich für den von einem halben Ringe umschlossenen Theil gleich $\frac{1}{2}P$ ist, so haben wir:

$$1)\quad T - t = \tfrac{1}{2}P.$$

Während die Uebertragung des Druckes nicht Statt findet, ist die Spannung in beiden Enden gleich grofs, und vertheilt sich von selbst in der angedeuteten Weise, so bald das eine Ende dadurch, dafs es unmittelbar dem Widerstande zum Angriffspunkt dient, stärker in Anspruch genommen wird. Die Summe der Spannungen ist also konstant, und es ist während der Ruhe die Spannung in jedem Ende:

$$2)\quad T' = \frac{T+t}{2}.$$

Diese mittlere Spannung T' ist also diejenige, welche man dem Bande durch die Schraubenbolzen ertheilen, und auf welche man diese berechnen mufs.

Nach einem Gesetze der Mechanik, welches bei Gelegenheit der Riemscheiben zur näheren Besprechung gelangt, ist aber auch

$$3)\quad \log T = \log t + 2{,}728\,a\,\mu,$$

wenn a das Verhältnifs des umschlungenen Bogens zur ganzen Peripherie, und μ den Reibungs-Koeffizienten zwischen Band und Scheibe bezeichnet. Für unsern Fall ist $a = \frac{1}{2}$ und der Reibungs-Koeffizient für Schmiedeeisen auf Gufseisen $= 0{,}16$ zu setzen; es folgt sodann:

$$\log T = \log t + 2{,}728 \cdot \tfrac{1}{2} \cdot 0{,}16 = \log t + 0{,}21824.$$

$$4)\quad T = 1{,}653\,t,$$

$$t = \frac{T}{1{,}653},$$

setzen wir diesen Werth von t in die Gleichung 1), so folgt:

$$T = 2{,}53 \, . \tfrac{1}{2} P = 1{,}27 P,$$

und aus der Gleichung 2):

$$T' = \tfrac{1}{2}\left(T + \frac{T}{1{,}653}\right) = \frac{1{,}27}{2} P \, . \, \frac{2{,}653}{1{,}654} = P.$$

Es mufs nun der Querschnitt des Bandes grofs genug sein, um die Spannung T mit Sicherheit aushalten zu können. Man hat also:

$$5) \; bh \, . \, 10000 = T = 1{,}27 P.$$

Der Druck P läfst sich aber auch in bekannter Weise (S. 299) aus dem Torsions-Momente, welches übertragen werden soll, bestimmen, und ergiebt sich:

$$P = \tfrac{1}{8} \frac{\pi d^3}{D} \, . \, k.$$

Gewöhnlich nimmt man:

die Breite des Bandes $b = d$,

„ Dicke desselben . $h = \tfrac{1}{8} d$;

setzt man diese Werthe in die Gleichung 5), so findet man:

$$\tfrac{1}{8} d^2 \, . \, 10000 = 1{,}27 \, . \tfrac{1}{8} \frac{\pi d^3 \, . \, k}{D}.$$

Ist die Welle von Schmiedeeisen, so ist auch $k = 10000$, und es folgt:

der Durchmesser der Scheibe $D = 4d$.

Für gufseiserne Wellen wäre k gleich 7000 und es würde sich $D = 2{,}8 d$ ergeben.

Die Bolzen, durch welche die beiden Hälften des Friktionsringes zusammengehalten werden, müssen stark genug sein, um die Spannung $T' = P$ auszuhalten. Bolzen von Schmiedeeisen würden zu grofse Durchmesser bekommen, da die Spannung, welche sie zu erleiden haben, sehr beträchtlich ist; es ist daher rathsam, Bolzen von Stahl zu wählen und zwar an jeder Schlufsstelle deren zwei; es hat also jeder Bolzen die Spannung $\tfrac{1}{2} T' = \tfrac{1}{2} P$, oder nach der vorstehenden Berechnung:

$$\tfrac{1}{16} \frac{\pi d^3}{D} k$$

auszuhalten. Nun trägt ein schmiedeeiserner Bolzen der Whitworthschen Skala vom Durchmesser δ nach S. 97 mit Sicherheit $3086 \delta^2$ Pfund; es ist aber die Tragfähigkeit des Stahls 18000, wenn die des Schmiedeeisens 10000 ist; ein stählerner Bolzen würde also mit Sicherheit

$$\frac{3086 \, . \, 18}{10} = 5555 \delta^2 \text{ Pfund}$$

tragen, und es würde zu setzen sein:

$$5555\,\delta^2 = \tfrac{1}{16}\pi\frac{d^3}{D}k.$$

Da nun sowohl für schmiedeeiserne als für gufseiserne Wellen $\frac{k}{D} = \frac{2500}{d}$ ist, so folgt für beide Materialien

die Bolzenstärke $\delta = 0{,}3\,d$.

Sehr häufig findet man nur einen Schraubenbolzen an jeder Schlufsstelle, und diesen viel schwächer, als die Rechnung ergeben würde. Solche Konstruktion ist jedenfalls unproportionirt, denn die Schraubenbolzen werden dann viel stärker in Anspruch genommen, als irgend ein anderer Theil der Kuppelung, sie werden daher auch vielfachen Reparaturen unterliegen und man wird sehr häufig nicht im Stande sein, die nöthige Spannung des Bandes zu erzielen. In Folge davon können Verluste an Arbeit nicht ausbleiben, welche durch ein zu frühes Gleiten des Bremsbandes auf der Scheibe herbeigeführt werden.

Nach den obigen Verhältnissen ist auf Taf. 16. Fig. 4 eine Friktionskuppelung für eine schmiedeeiserne Welle entworfen. Die Verhältnisse sind eingeschrieben. Die Kuppelung ist zugleich eine lösbare, indem der Mitnehmer mittelst einer Rückgabel zurückgeschoben werden kann. Die hier gezeichnete Anordnung zeigt auch, wie man bei einer lösbaren Kuppelung mit einem einzigen Lager auskommen kann. Die getriebene Welle ruht nämlich in der verlängerten Nabe der Kuppelungsscheibe, welche sich um den Kuppelungskopf der getriebenen Welle frei drehen kann, wenn diese still steht.

Taf. 16. Fig. 6. Taf. 16. Fig. 6 stellt eine Friktionskuppelung mit zwei Kegeln dar; der Kegel auf der treibenden Welle ist fest, und bietet der Reibung eine konkave Oberfläche dar; der andere, auf der getriebenen Welle befestigte Kegel ist mittelst einer Rückgabel verschiebbar, und seine konvexe Oberfläche hat die Reibung zu erleiden.

Das Moment der Reibung, welche aus dem Normaldruck zwischen den Kegelmänteln hervorgeht, mufs gleich dem Torsionsmoment sein, welches durch die Welle übertragen wird.

Es bezeichne:

d den Durchmesser der getriebenen Welle, für das zu übertragende Torsionsmoment berechnet *),

---

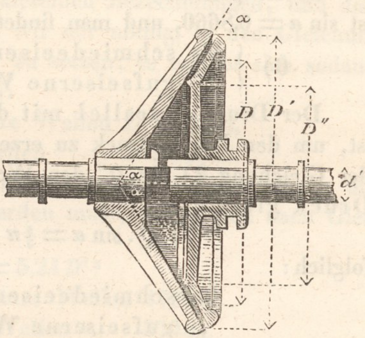
*) Die Anmerkung auf S. 315 gilt auch hier.

D' den äufsern, D'' den innern, D den mittlen Durchmesser der reibenden Kegeloberfläche,

μ den Reibungs-Koeffizienten,

Q den Normaldruck zwischen den Kegelmänteln,

α den halben Winkel, welchen die Seiten des Kegels miteinander bilden.



Nach einer bereits auf S. 88 gebrauchten Formel ist der mittle Durchmesser der Reibung:

$$D = \tfrac{2}{3} \frac{D'^3 - D''^3}{D'^2 - D''^2},$$

und daher das Reibungsmoment:

$$Q\mu . \pi . \tfrac{2}{3} \frac{D'^3 - D''^3}{D'^2 - D''^2},$$

und da dasselbe gleich dem Torsionsmoment sein soll, so hat man:

$$1)\ Q\mu . \pi . \tfrac{2}{3} \frac{D'^3 - D''^3}{D'^2 - D''^2} = \tfrac{1}{16} \pi d^3 . k.$$

Wenn zuweilen ein Schleifen Statt findet, so ist es aus den auf S. 272 angeführten Gründen rathsam, dafs der Normaldruck zwischen beiden Flächen einen gewissen Werth nicht überschreite. Sind die reibenden Oberflächen aus Gufseisen, und ist auf ein sorgfältiges Schmieren nicht zu rechnen, so darf man den Quadratzoll der reibenden Oberflächen höchstens mit 12 Pfd. belasten. Da nun die Berührungsfläche der Kegel sich ausdrückt durch:

$$\tfrac{1}{4}\pi \frac{D'^2 - D''^2}{\sin \alpha}, \text{ so folgt}$$

$$2)\ Q = \tfrac{1}{4}\pi \frac{D'^2 - D''^2}{\sin \alpha} . 12.$$

Setzen wir diesen Werth in die Gleichung 1), so ergiebt sich:

$$3)\ D'^3 - D''^3 = d^3 . \frac{3 . k . \sin \alpha}{96 . \pi . \mu}.$$

Nehmen wir:

$$D'' = \tfrac{2}{3} D'$$

und für Eisen auf Eisen $\mu = 0{,}16$, so folgt:

$$4)\ D' = 0{,}44\, d \sqrt[3]{(k . \sin \alpha)}.$$

Setzt man für k wieder **10000**, beziehlich **7000**, so erhält man:

$$5)\left\{\begin{array}{ll}\text{für schmiedeeiserne Wellen} & D' = 9{,}5\, d\sqrt[3]{\sin\alpha}, \\ \text{„ gufseiserne Wellen} \quad . & . D' = 8{,}4\, d\sqrt[3]{\sin\alpha}.\end{array}\right.$$

Es ist passend, den Winkel $\alpha = 60$ Grad zu nehmen, dann ist $\sin\alpha = 0{,}8660$, und man findet:

$$6)\left\{\begin{array}{ll}\text{für schmiedeeiserne Wellen} & \boldsymbol{D' = 9d}, \\ \text{„ gufseiserne Wellen} \quad . & . \boldsymbol{D' = 8d}.\end{array}\right.$$

Der Druck, parallel mit der Welle, welcher erforderlich ist, um den Normaldruck zu erzeugen, ist $Q \,.\, \sin\alpha$. Setzt man in der Gleichung 2) für D'' den Werth $\frac{2}{3}D'$, so ergiebt sich dieser Druck gleich:

$$7)\ Q \,.\, \sin\alpha = \tfrac{5}{3}\pi \,.\, D'^2 = 5{,}236\, D'^2,$$

folglich:

für schmiedeeiserne Wellen $424\, d^2$,
„ gufseiserne Wellen . . $355\, d^2$.

Es ist also der Druck, mit welchem die Kegel aneinander geprefst werden müssen, sehr beträchtlich; da er aufserdem durch den Rückhebel ausgeübt wird, so eignet sich diese Kuppelung überhaupt nur für geringe Wellenstärken. Sie hat freilich den Vortheil, dafs man den Zusammenhang zwischen beiden Wellen durch eine geringe Bewegung sofort lösen und wieder herstellen kann, und dafs man das zu übertragende Moment sehr genau, leicht und schnell reguliren kann. Man wendet daher diese Konstruktion überall da an, wo das zu übertragende Moment zwar gering, aber doch sehr veränderlich ist, und wo ein häufiger Wechsel zwischen Einrücken und Ausrücken Statt findet. Für feste Kuppelungen eignet sich besser die Konstruktion, welche die folgende Figur zeigt:

Taf. 16. Fig. 7.

Taf. 16. Fig. 7 stellt das dritte System der Friktionskuppelungen (S. 315) dar. Auf dem Ende der getriebenen Welle befindet sich eine Scheibe a, welche sich auf der Welle zwar ein wenig verschieben läfst, aber doch so mit derselben zusammenhängt, dafs sie mit ihr gemeinschaftlich rotiren mufs; auf der treibenden Welle ist eine ähnliche Scheibe b befestigt, zwischen den Grundflächen beider Scheiben liegt eine Scheibe von Leder, Pappe, oder einem ähnlichen nachgiebigen Material; die Rückseite der Scheibe a ist an dem Rande genau eben abgedreht, und wird von einem ebenfalls gut abgedrehten Ringe c umfafst, welcher durch Schraubenbolzen an der Scheibe b befestigt ist. Durch die Schrauben ist es möglich, den Ring mit einem passenden Drucke gegen den Rand der Scheibe zu pressen. Die Reibung, welche aus diesem Drucke entspringt, mufs gleich dem Druck sein, welcher an die getriebene Welle übertragen wird, und folglich auch das Moment der Reibung gleich dem Torsionsmoment der Welle.

Man wird also diese Kuppelung genau so berechnen können, wie die Figur 6; behalten wir dieselben Bezeichnungen, und dieselben Verhältnisse bei, so haben wir nur nöthig, in den Gleichungen der Fig. 6 überall $\sin\alpha = 1$ zu setzen; es ergiebt sich sodann für $D'' = \frac{2}{3}D'$ nach Gleichung 5):

für schmiedeeiserne Wellen $D' = 9{,}5d$,
„ gufseiserne Wellen . . $D' = 8{,}4d$.

Der mit der Welle parallele Druck, welcher durch die Schraubenbolzen ausgeübt werden mufs, findet sich nach Gleichung 7):

$$\tfrac{5}{3}\pi D'^2 = 5{,}24 D'^2$$

für schmiedeeiserne Wellen $473d^2$,
„ gufseiserne Wellen . . $370d^2$.

Nehmen wir 6 Bolzen an, so hat also jeder $\frac{1}{6}$ des Gesammtdruckes auszuüben und wir finden die Bolzenstärke in preufsischen Zollen nach der Formel auf S. 91:

$$\delta = 0{,}029\sqrt{P},$$

das ist:

für schmiedeeiserne Wellen $\delta = 0{,}26d$,
„ gufseiserne Wellen . . $\delta = 0{,}23d$,
oder durchschnittlich . . $\delta = \frac{1}{4}d$.

Naben und Wellkränze.

Anordnung und Berechnung der Naben.

§ 115. Die Naben (fr. *moyeux* — engl. *naves*) dienen zur Befestigung von Maschinentheilen auf stangenförmigen Körpern, namentlich auf Wellen; so werden z. B. Räder, Scheiben, Hebel, Kurbeln u. s. w. mittelst Naben auf den Drehaxen befestigt. Die Naben repräsentiren ausschliefslich die Befestigungs-Methode des Zusammensteckens (S. 161); sie bilden gewöhnlich hohle Cylinder oder Prismen, welche auf die Welle aufgeschoben, und darauf in der Regel durch Keile befestigt werden. Sowohl der äufsere Querschnitt der Nabe, als der Querschnitt der Höhlung sind in den meisten Fällen dem Wellenquerschnitt ähnliche Figuren, doch pflegt man auch wohl von dieser Regel abzuweichen, wenn gewisse Konstruktions-Verhältnisse, z. B. der Anschlufs von Radarmen an die Nabe, eine abweichende Form bedingen.