

und einem Mittelstück. Letzteres hat zwei um 90° versetzte prismatische Federn, welche in entsprechende Nuthen der Endstücke eingreifen. Wenn die beiden Wellenachsen zusammenfallen, so dass ihre Normalprojektionen einander in einem Punkte, z. B. O , decken, so wirken die Federn und Nuthen ohne gegenseitige Gleitung als Mitnehmer. Rückt aber die eine der Achsen parallel mit sich selbst von O ab, etwa nach P , so gelangt der Mittelpunkt der Kreuzscheibe nach Q , und bewegt sich beim Drehen der Wellen in einem Kreise $OQPQ'$ vom Durchmesser $OP =$ dem Achsenabstande; er durchläuft diesen Kreis zweimal bei jeder Achsendrehung. Die übrigen Punkte der Kreuzscheibe beschreiben Kardioiden. Die Bewegungsübertragung geschieht gleichförmig*).

Eine andere querbewegliche Kupplung ist die aus zwei durch eine Koppel verbundenen Kurbeln bestehende sogenannte Kniekupplung, welche jetzt weniger als früher gebraucht wird. Sie eignet sich zum Anhängen zweier Kurbelwellen an eine Dampfmaschine**).

§. 155.

Gelenkige Kupplungen.

Die verbreitetste aller beweglichen Kupplungen ist die Kreuzgelenkkupplung oder das Universalgelenk, auch Hooke'scher Schlüssel, besser Cardanisches Gelenk genannt***). Sie ist dem Achsenwinkel nach innerhalb gewisser Grenzen beweglich, und besteht ebenfalls aus zwei Endstücken und einem Mittelstück, letzteres gewöhnlich aus zwei einander rechtwinklig kreuzenden Zapfenpaaren gebildet, von denen je eines in einem der Endstücke normal zur Wellenachse gelagert ist. Die Bewegungsübertragung geschieht ungleichförmig, und zwar besteht bei dem Ablenkungswinkel α der Wellenachsen zwischen den Drehwinkeln ω und ω_1 der treibenden und getriebenen Welle die Beziehung:

$$\frac{tg \omega_1}{tg \omega} = \cos \alpha \quad (143)$$

*) Eine Oldham'sche Kupplung ist auch die auf dem Winan'schen Schiffe, s. Engineer, 1866, S. 171, angewandte Verbindung der Kurbeln der Nachbarmaschinen.

**) S. Salzenberg's Vorträge, S. 66.

***) Wenn nicht Erfinder des Kreuzgelenks, so scheint doch einer der ersten Benützer desselben der Italiener Cardano (1501 bis 1576) zu sein; der Engländer Hooke (1635 bis 1702) wandte den Mechanismus zur Drehungsübertragung an.

was einer periodischen Schwankung von der Periodenlänge 180° entspricht. Man erhält hieraus folgende Werthe:

ω	$\alpha = 10^\circ$	20°	30°	40°
30°	$29^\circ 38$	$28^\circ 29$	$26^\circ 34$	$23^\circ 51$
45°	$44^\circ 34$	$43^\circ 12$	$40^\circ 54$	$37^\circ 27$
60°	$59^\circ 34$	$58^\circ 26$	$56^\circ 22$	$53^\circ 04$
90°	90°	90°	90°	90°
120°	$120^\circ 26$	$121^\circ 34$	$123^\circ 38$	$126^\circ 56$
135°	$135^\circ 26$	$136^\circ 48$	$139^\circ 06$	$142^\circ 33$
150°	$150^\circ 22$	$151^\circ 31$	$153^\circ 26$	$156^\circ 01$
180°	180°	180°	180°	180°

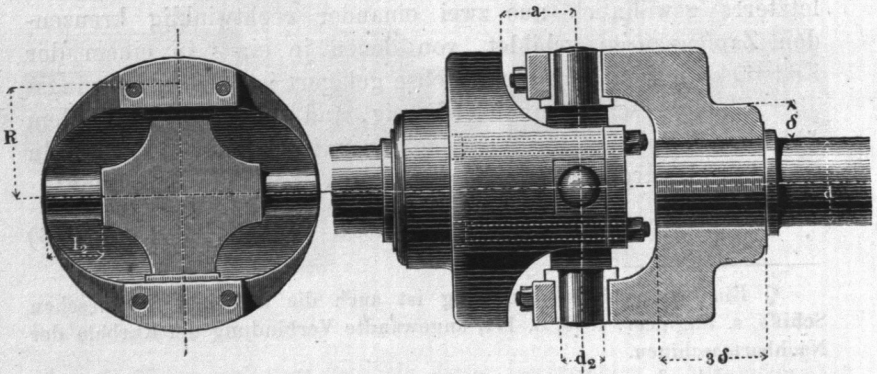
Bei kleinem α sind hiernach die Abweichungen nicht bedeutend. Zwischen den Winkelgeschwindigkeiten w und w_1 besteht die Beziehung:

$$\frac{w_1}{w} = \frac{\cos \alpha}{1 - \sin^2 \omega \sin^2 \alpha} \dots \dots \dots (144)$$

welche im Maximum $1 : \cos \alpha$ und im Minimum $\cos \alpha$ liefert*). Diese Geschwindigkeitsschwankungen sind bei geringen lebendigen Kräften in den beiden Wellen und kleinem α vernachlässigbar klein.

Die Ausführungsformen der Kreuzgelenkkupplung sind äusserst mannigfaltig. Fig. 434, Kreuzgelenkkupplung mit gusseisernen

Fig. 434.

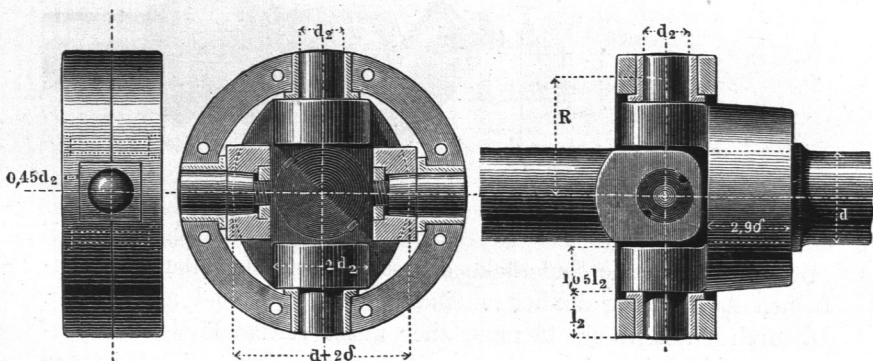


*) Die Werthe von ω sind so gezählt, dass bei $\omega = 0$ die Querszapfenachse der getriebenen und abgelenkten Welle in der Ablenkungsebene steht.

Endstücken und schmiedeisernem Mittelstück. Das Verhältniss $R : d$ schwankt. Man berechne die Zapfendicke d_2 nach den früheren Regeln, und hat bei bekanntem Verdrehungsmomente (PR) der Welle den Zapfendruck P_2 genügend genau $= \frac{1}{2}(PR) : R$. Je grösser der Ablenkungswinkel α sein soll, um so grösser ist der mit a bezeichnete Abstand zu nehmen. Hier ist a , wie man sieht, sehr klein vorausgesetzt. Die Schalenfugen der Lagerungen legt man am besten in die Wellenachsebene, nicht wie häufig vorkommt, rechtwinklig dazu, weil sonst die entstehende Abnutzung nicht ausgeglichen werden kann.

Eine sehr wichtige Rolle spielt das Kreuzgelenk bei den Triebwellen vieler Schraubendampfer, indem es dort benutzt wird, um der Triebwelle eine gewisse Biegsamkeit zu verleihen, deren sie bei der Nachgiebigkeit des Schiffskörpers bedarf. Gewöhnlich sind bei grossen Dampfern zwei bewegliche Kupplungen an der Triebachse angebracht. Ein Beispiel zeigt Fig. 435. Hier bestehen

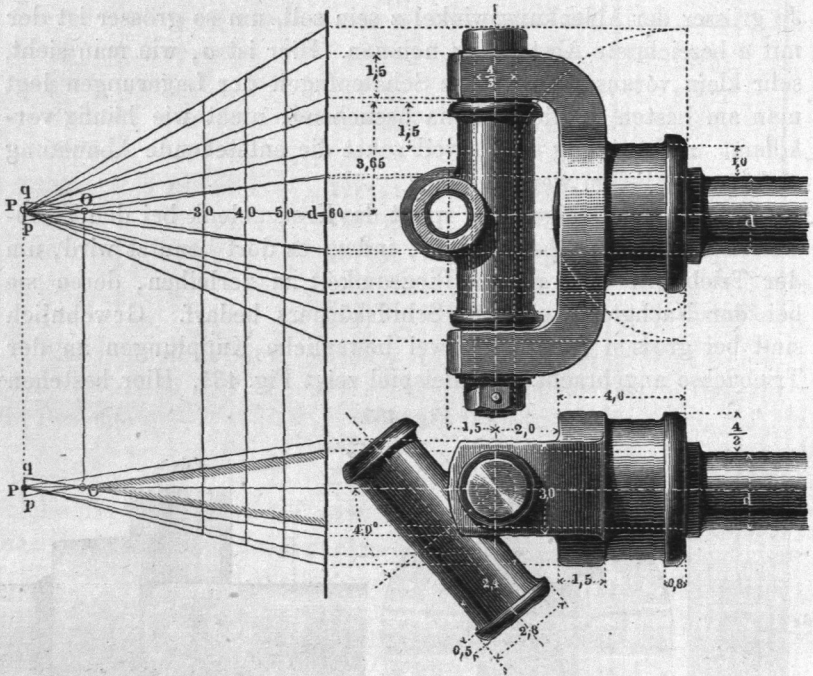
Fig. 435.



alle drei Stücke aus Schmiedeisen; eines der Endstücke ist sogar eintrümig mit der Welle hergestellt. Das Mittelstück, aus zwei gleichen Halbringen zusammengesetzt, hat hier die Lager der Zapfen an sich, während die Endstücke die besonders eingesetzten schmiedeisernen Zapfen tragen. Die Lagerschalen sind hier gar nicht aufgeschnitten, weil nur eine sehr geringe Abnutzung vorauszusetzen ist, da α auf alle Fälle klein bleibt. Man findet die Zapfenlänge l_2 gegen d_2 nicht gar gross, nämlich 1 bis $1,25 d_2$; es geschieht überhaupt alles, um die Abmessungen der Kupplung einzuschränken, weshalb auch R so klein als es angeht gewählt wird.

Eine dritte Form der Kreuzgelenkkupplung zeigt die folgende Fig. 436. Hier sind die Querzapfen als Bolzen drehbar in das

Fig. 436.

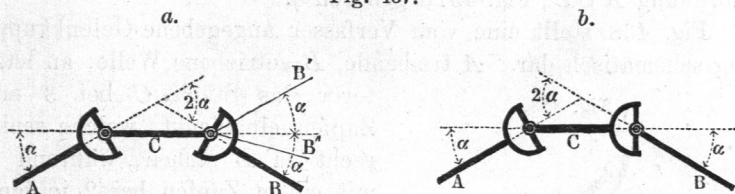


Mittelstück und die Endstücke eingesetzt, zugleich aber der einfachen Ausführung halber aneinander vorbeigehend angebracht. Dadurch entsteht ein kleiner, aber meist vernachlässigbarer Bewegungsfehler in sofern, als die gekuppelten Wellen sich bei jeder Drehung gegenseitig auch noch hin und herschieben. Bei landwirtschaftlichen Maschinen, namentlich zur Verbindung der Pferdegepöpel mit Arbeitsmaschinen vielfach im Gebrauch. Der Zeichnung ist ein Proportionsriss beigelegt. Als Model dient die Einheit $\delta = 5 + \frac{1}{3}d$. Der Pol P für die Abmessungen ist deshalb dahin zu legen, wo $5 + \frac{1}{3}d = 0$, d. i., wo $d = -15$ mm. Hier, wo der Maassstab $\frac{1}{5}$ der wirklichen Grösse, ist $pq = -d = 3$ mm gemacht.

Die durch Formel (144) ausgedrückte Ungleichförmigkeit der Bewegungsübertragung ist manchmal unstatthaft, und zwar sowohl da, wo blosse geometrische Genauigkeit erwünscht ist (Zeigerwerke der Grossuhren) als wo schnellbewegte Massen ins Spiel kommen

(Dreschmaschinen u. a. m.). Dem Fehler kann abgeholfen werden durch Anwendung der doppelten Kreuzgelenkkupplung, welche eine geeignete Zusammenstellung zweier einfachen solchen Kuppelungen ist. Kuppelt man die treibende Welle *A*, Fig. 437 *a*, an die zu treibende *B* durch Vermittlung einer Zwischenwelle *C*, welche

Fig. 437.



mit *A* und *B* durch homologe oder gleichgelegene Kreuzgelenke von gleichem Ablenkungswinkel verbunden ist, so wird die Bewegung von *A* auf *B* gleichförmig übertragen. Hierbei kann die getriebene Welle sehr verschiedene Lagen gegen *A* einnehmen, z. B. die Lage *B*, bei welcher *B* von *A* um 2α abgelenkt ist, oder die Lage *B'*, bei welcher *B* mit *A* parallel ist, oder allgemein betrachtet, die Lage *B''* in einem Kegelmantel vom halben Spitzenwinkel α um die Zwischenachse *C*. Gleichgelegen sind die Kreuzgelenke, wenn die den Achsen *A* und *B* angehörig Querzapfen gleichzeitig in den bezüglichen Ablenkungsebenen der Achse *C* von *A* und *B* liegen. In den Lagen *B* und *B'* fallen diese Ablenkungsebenen zusammen, bei der Lage *B''* dagegen nicht. Im letzteren Falle sind die Achsen *A* und *B* gegeneinander geschränkt.

Bringt man die Kreuzgelenke ungleichgelegen an *A* und *B* an, z. B. um 90° verdreht, wie Fig. 437 *b* andeutet, so wird der Bewegungsfehler verstärkt, indem in letzterem Falle wird: $tg\omega_1 = tg\omega \cos^2\alpha$, wobei ω und ω_1 für *A* und *B* gelten. Wäre $\alpha = 30^\circ$, so erhielte man für $\omega = 45^\circ$: $tg\omega_1 = (1/2 \sqrt{3})^2 = 0,75$, d. i. $\omega_1 = 36^\circ 54$ statt $40^\circ 54$, wie obige Tabelle für das einfache Kreuzgelenk nachweist.

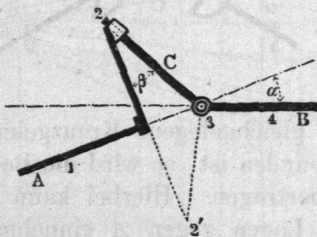
Doppelte Kreuzgelenkkupplungen, wenn auch in unvollkommener Form, sind auch die Walzwerkkupplungen. Bei diesen vertreten die abgerundeten Wülste, welche als Mitnehmer dienen, die Zapfenkreuze; ja bei sorgfältigerer Konstruktion, wie z. B. derjenigen von Schaltenbrand*), finden sich die Kreuzzapfen vollständig

*) Dingler's P. J. Bd. 170, S. 23, sowie Pol. C.-Bl. 1864, S. 109.

wieder, und zwar mit Schränkung der Zapfenachsen, wie bei Fig. 436; das Mittelstück ist dabei in die Form der Kupplungshülse übergegangen. Bei Zulassung einer Längsverschiebung der Zwischenachse übertragen selbst die roh ausgeführten Kupplungen dieser Art die Bewegung ziemlich gleichförmig, da sie unter die Anordnung $A CB'$, Fig. 437 *a* gehören*).

Fig. 438 stellt eine vom Verfasser angegebene Gelenkkupplung schematisch dar. A treibende, B getriebene Welle, an letzterer das Stück C bei 3 mit Zapfen eingelenkt, welche senkrecht zu B stehen, während C

Fig. 438.



mit einem Zapfen bei 2 in eine an A befestigte Hülse eingreift. Die Achse B schliesst mit A den Ablenkungswinkel α , das Stück 3 C 2 mit A den Winkel $90 - \beta$ ein. Für die Beziehung zwischen den gleichzeitig zurückgelegten

Drehwinkeln ω_1 und ω_4 der Achsen A und B , welche man in festverbundenen Lagern liegend zu denken hat, ist:

$$\left. \begin{aligned} \text{oder auch} \quad & \left. \begin{aligned} \text{tg } \omega_1 &= \text{tg } \omega_4 \left(\cos \alpha - \frac{\sin \alpha \text{tg } \beta}{\cos \omega_1} \right) \\ \text{tg } \omega_4 &= \frac{\sin \omega_1}{\cos \alpha \cos \omega_1 - \sin \alpha \text{tg } \beta} \end{aligned} \right\} \dots \dots (145) \end{aligned} \right\}$$

Die Uebertragung der Drehung von A auf B geschieht weit ungleichförmiger, als beim Cardanischen Gelenk, indem das Verhältniss der Winkelgeschwindigkeiten zwischen $1 : (\cos \alpha \mp \sin \alpha \text{tg } \beta)$ und $\cos \alpha : (1 + \sin^2 \alpha \text{tg}^2 \beta)$ schwankt**). Die Kupplung ist nichts anderes, als eine schiefe Kreuzgelenkkupplung***), schief in sofern, als die Gabel an A , statt rechtwinklig zu dieser Achse, um $90 - \beta$ gegen dieselbe geneigt steht. Verbindet man aber zwei solcher

*) Bei der angeführten Mittheilung der Schaltenbrand'schen Kupplung (s. auch Z. d. V. d. Ing. VIII, Taf. X) ist bei dem einen der angebrachten Kupplungspaare die ungünstigere Aufstellung (*b*) angewandt.

***) Bei $\alpha = \beta = 30^\circ$ gibt dies für die Kardinalpunkte 1,73, 0,866 und 0,729, bei Cardan nur 1,154 und 0,866.

****) Vergl. auch (144) mit (145). Bei $\alpha = 90$ entsteht für 4 eine symmetrische Schwingung; Mechanismus dann auch aus dem rechtwinkligen Kreuzgelenk ableitbar.

Kupplungen symmetrisch mit einander, siehe Fig. 439, so entsteht eine gleichförmig übertragende Gelenkkupplung. Die beiden lagerförmigen Hülsen bei 3 und 4 sind fest mit einander verbunden;

Fig. 439.

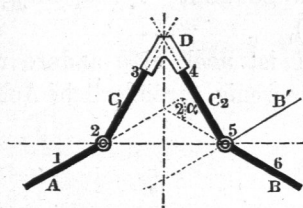
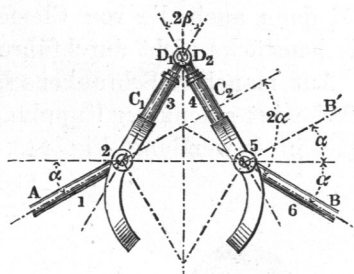


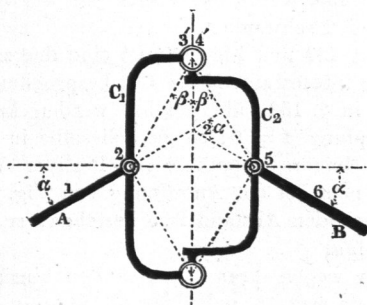
Fig. 440.



ihre Achsen schliessen den Winkel 2β ein. Für die praktische Ausführung verwandelt man sie besser in Zapfen und bringt die zugehörigen Hülsen an den Stücken C_1 und C_2 an, Fig. 440. Letzteren gibt man zweckmässig eine Rückwärtsverlängerung, um einigermassen der Einseitigkeit der Belastung zu begegnen. Indessen kann das Gegengewicht auch anders angebracht werden. Die Zapfen 3 und 4 können mit einem fest verschraubten Gelenk verbunden werden, damit sie sich von selbst in die durch β vorgeschriebene Lage stellen können. Man hat darauf zu achten, dass α nicht $= 90 - \beta$ gewählt wird oder umgekehrt, indem sonst eine Todtlage entstehen würde.

Die Gelenke 3 und 4 lassen sich auch zu einem Kugelgelenk 3' 4' vereinigen. Geschieht dies, so geht die Vorrichtung in die

Fig. 441.



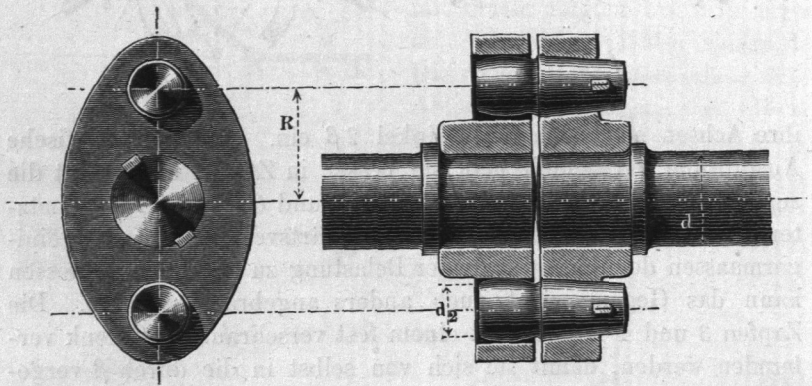
Kupplung von Clemens*) über, s. Fig. 441, bei welcher überdies unsere Gegengewichte weggelassen und die Stücke C_1 und C_2 auf der Gegenseite vollständig wiederholt sind. Clemens machte Ausführungen, bei welchen $2\alpha = 90^\circ$. Die Nichtverdopplung der Stücke C_1 und C_2 möchte der Verdopplung vorzuziehen sein,

*) Clemens' angular shaft coupling, N. Am. Patent vom 10. Nov. 1869.

da sie kleine Ausführungsfehler, die bei letzterer störend sind, un-
schädlich macht. Wenn man, wie bei der doppelten Kreuzgelenk-
kupplung, Fig. 437 geschehen, die Achse B statt um α um $360^\circ - \alpha$
ablenkt, sodass A und B parallel werden (s. Fig. 439 bei B'), so
erhält man eine überaus ungleichförmige Drehungsübertragung*),
kann dann auch die von Clemens angewandte Verdopplung der
Zwischenstücke nicht durchführen**).

Auf manchen Schraubenschiffen ist noch eine andere recht
einfache Art gelenkiger Kupplung für wenig veränderliche Achsen-
winkel in Anwendung, Fig. 442.

Fig. 442.



Diese Mitnehmerkupplung fordert für jedes Wellenende ein
Lager, und hat eine gewisse Beweglichkeit, welche der des Kreuz-
gelenkes ähnlich und in vielen Fällen auch als genügend anzu-
sehen ist***).

*) Bei $\alpha = \beta = 30^\circ$, wie in Fig. 439, würde das Verhältniss der Win-
kelgeschwindigkeiten zwischen $\frac{1}{2}$ und 2 schwanken.

**) Die vorliegende Kupplung, Fig. 439 und Fig. 440, ist eine der zahl-
reichen Abänderungen, in welche die interessante Kette C_6^t , besprochen in
meinem Buche „Theor. Kinematik“ in §. 152, übergeführt werden kann.
Macht man in der vorliegenden Kupplung $\beta = 0$, so geht dieselbe in das
von mir angegebene doppelringige Universalgelenk, siehe Berliner Ver-
handlungen 1865, S. 53, über. Setzt man bei der Anordnung von Fig. 439
den Winkel $\beta = 0$, lässt aber zugleich den Abstand 2.5 bestehen, so er-
hält man den Doppelschlüssel Fig. 437 a.

***) Eine mehr verwickelte, aber wegen ihrer Eigenschaften hinsicht-
lich der Bewegungsübertragung interessante gelenkige Kupplung für
Schraubenschiffachsen ist die von Otto Dingler, siehe Dingler's Polyt. Journ.
1866, S. 197; dieselbe ist gelenkig und zugleich quer- und längsbeweglich.