

Erstes Kapitel.

Grundbegriffe und Erklärungen.

1. Die Elementenpaare.

Eine jede Maschine kann aufgefaßt werden als eine bewegliche Verbindung starrer Körper, die infolge ihrer dauernden Berührungen in ihren gegenseitigen Bewegungen beschränkt sind. Die Teile der Körper, in denen sie sich berühren, heißen die Elemente der Maschine, oder auch kurz Elemente; je zwei sich berührende Elemente bilden ein sog. Elementenpaar.

So sind z. B. der Zapfen einer Welle und das ihn umschließende Lager ein Elementenpaar, ferner die Schraubenmutter und die Spindel, auf der sich erstere bewegt, endlich die beiden gerade in Berührung (im Eingriff) befindlichen Zähne eines Zahnräderpaares usw.

Die Art und Weise, wie die Elemente eines Paares in stetiger Berührung erhalten werden, nennt man die Schließung oder den Schluß des Paares. Man unterscheidet selbständig und unselbständig geschlossene Paare. Unter einem selbständig geschlossenen Paar versteht man ein solches, bei dem die Gestalt der Elemente den Schluß erzwingt, wie z. B. bei Schraubenmutter und -spindel, oder bei dem Zapfen und dem ihn umschließenden Lager. Unselbständig geschlossene Paare heißen die, bei denen der Schluß durch besondere Hilfsmittel erzielt wird. Man verwendet hauptsächlich zwei Arten des Schlusses, und zwar entweder den Kraftschluß, bei dem eine Kraft den Schluß herbeiführt, wie z. B. zwischen Schneide und Pfanne einer Hebelwage, wo die Schwere den Schluß erzwingt (s. Fig. 1), oder den Kettenschluß, der durch die Verbindung der Elemente mit anderen beweglichen Teilen der Maschine herbeigeführt wird, wie z. B. bei Daumenscheiben und Klinken in den Steuerungsmechanismen (s. Fig. 2).

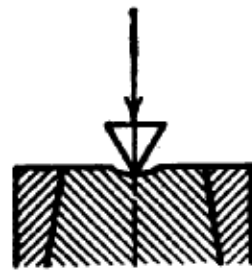


Fig. 1.

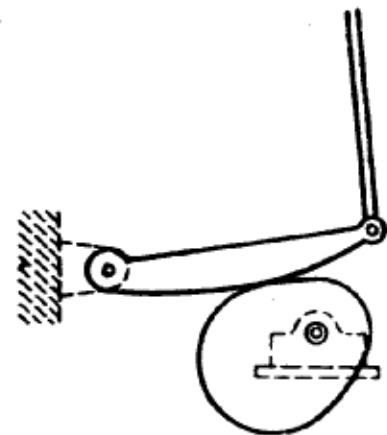


Fig. 2.

Die Elementenpaare werden in mehrfacher Hinsicht unterschieden, bzw. in Gruppen eingeteilt.

2. Unterscheidung nach dem Bewegungsgebiet.

Das Bewegungsgebiet, d. i. die Gesamtheit der Lagen eines Punktes des Elementes in seiner Bewegung gegen das andere Element des Paares kann entweder ein begrenzter Raum, eine Fläche oder eine Kurve sein. Demgemäß unterscheidet man:

- a) raumläufige Paare (Beispiel: Kugel und sie in einem größten Kreise berührender Hohlzylinder),
- b) flächenläufige Paare (Beispiel: das Kugelpaar oder Kugelgelenk, bei dem die Flächen konzentrische Kugelflächen sind),
- c) kurvenläufige Paare, deren Elemente sich so gegeneinander bewegen müssen, daß die Bahnen ihrer Punkte ganz bestimmte Kurven sind. Das wichtigste derartige Paar ist das Schraubenpaar, bei dem die Bahnkurven Schraubenlinien sind und seine Sonderfälle, das Drehkörperpaar (bei dem die Steigung der Schraubenlinien gleich Null ist) und das Prismenpaar (bei dem die Steigung unendlich groß ist).

3. Unterscheidung nach der Art der Berührung.

Die Berührung der Elemente kann erfolgen

- a) in Punkten. Beispiele: Kugel zwischen parallelen ebenen Platten, ferner die Präzisionsverzahnung von Olivier,
- b) in Kurven. Beispiele: Die Zahnflanken der Stirn- und Kegelhäznräder, die sich in Geraden berühren, ferner das Kreisringpaar, dessen Elemente sich in Kreisen berühren,
- c) in Flächen. Beispiele: Das Kugelpaar (Kugelgelenk), das Plattenpaar, das Kreiszyylinderpaar, das Schraubenpaar usf. Derartige Paare nennt man auch Umschlußpaare.

4. Unterscheidung nach dem Freiheitsgrade.

Jede Elementarbewegung eines freien starren Körpers läßt sich bekanntlich zurückführen auf drei Schiebungen längs dreier nicht in einer Ebene liegenden Geraden und drei Drehungen um diese Geraden. Da diese sechs Bewegungen beim freien Körper keiner Beschränkung unterworfen sind, so sagt man, der freie Körper habe sechs Grade der Freiheit. Der Freiheitsgrad vermindert sich bei dem nicht frei beweglichen Körper, und zwar um die Zahl der Bewegungsbeschränkungen, denn durch letztere werden die vorgenannten sechs Elementarbewegungen z. T. unmöglich, z. T. voneinander abhängig. Bezeichnet man die Anzahl der Bewegungsbeschränkungen mit b , so ist der Freiheitsgrad

$$f = 6 - b.$$

Es kann also f alle Werte von 0 bis 6 haben. So ist z. B. bei dem Paar, das von einer Kugel und zwei sie berührenden parallelen ebenen Platten gebildet wird, $b=1$, weil die Schiebung der Kugel senkrecht zur Ebene der Platten unmöglich ist; sonach wird, in diesem Falle der Freiheitsgrad $f=5$. Ferner hat z. B. das aus einer Kugel und dem sie in einem größten Kreise berührenden Hohlkreiszyylinder bestehende Paar den Freiheitsgrad $f=4$, weil nur eine Schiebung in Richtung der Zylinderachse möglich, also $b=2$ ist usf. Man erkennt leicht, daß die Punkte eines starren Körpers, dessen Bewegung nur einen Freiheitsgrad besitzt, auf ganz bestimmten Kurven sich zu bewegen gezwungen sind. Derartige Bewegungen nennt man auch zwangläufig, und dementsprechend die Paare, für welche $f=1$ ist, zwangläufig geschlossene oder kurz zwangläufige Elementenpaare. Die zwangläufigen Paare sind also kurvenläufig. Solche Paare sind z. B. das Schraubenpaar und seine Sonderfälle.

5. Die Zwangläufigkeit der Elementenpaare.

Die Zwangläufigkeit der Relativbewegung der Elemente eines Paares kann lediglich durch die Form der Elemente herbeigeführt werden, in welchem Falle das Paar selbständig zwangläufig heißt. Ein solches Paar ist z. B. das Schraubenpaar, denn die Berührung beider Elemente in Schraubenflächen hat zur Folge, daß jeder Punkt des einen Elementes sich gegen das andere in einer Schraubenlinie bewegt. Bei den nicht selbständig zwangläufigen Paaren dagegen bedarf es noch besonderer Hilfsmittel, um die Zwangläufigkeit der gegenseitigen Bewegungen der Elemente zu erzwingen. Als solche werden angewendet entweder der Kraftschluß, wie z. B. bei den Reibungsrändern, die infolge der Reibung aufeinander rollen und somit durch sie zwangläufig werden, oder der Kettenschluß, wie z. B. bei zwei Kurvenscheiben S_1 und S_2 (s. Fig. 3), die gegen einen Körper K sich um parallele Achsen drehen müssen, und hierdurch zwangläufig beweglich werden.

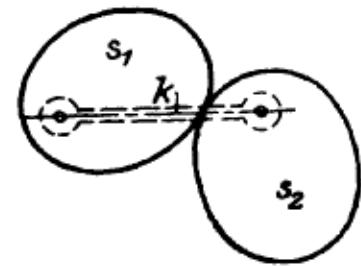


Fig. 3.

Für die weiteren Untersuchungen sind die Mittel, durch die die Elementenpaare zu geschlossenen und zwangläufigen gemacht werden, ohne Bedeutung; wir werden daher im folgenden die Elementenpaare immer als zwangläufig geschlossen voraussetzen.

6. Niedere Elementenpaare.

Ein Elementenpaar wird ein niederes genannt, wenn bei der Relativbewegung der Elemente ein jeder Punkt dieselbe Bahnkurve

durchläuft, ob er nun dem einen oder dem anderen Element angehört betrachtet wird. Sind a und b die Elemente eines niederen Paares, so beschreibt demnach ein Punkt B von b gegen a dieselbe Bahn, wie der mit B zusammenfallende Punkt A des Elementes a bei der Umkehrung der Bewegung, d. i. bei der Bewegung von a gegen b . Ein niederes Paar ist also dadurch ausgezeichnet, daß die Umkehrung der Bewegung der Elemente die Bahnen der Punkte nicht ändert. Das läßt sich kurz auch so ausdrücken: ein niederes Elementenpaar ist umkehrbar. Als ein Beispiel sei das Schraubenpaar genannt, bei dem ein jeder Punkt dieselbe Schraubenlinie durchläuft, ob man nun die Schraubenspindel oder die Schraubennutter in Ruhe erhält.

Man überzeugt sich leicht, daß die niederen Paare die Eigenschaft haben, sich in Flächen berühren zu können, also Umschlußpaare zu sein. Das ist nur bei Berührungsflächen möglich, die in sich selbst verschieblich sind, wie z. B. die Schrauben- und Rotationsflächen, sowie die Ebenen. Die wichtigsten niederen Paare sind das Schraubenpaar und seine Sonderfälle, das Drehkörper- und das Prismenpaar. Beim Schraubenpaar erfolgt die Berührung der Elemente in Schraubenflächen, beim Drehkörperpaar in Rotations- und beim Prismenpaar in ebenen Flächen. Wichtiger als die Art der Berührungsflächen ist die Art der Bewegung der Elemente gegeneinander. Beim Schraubenpaar ist die Relativbewegung eine Schraubung, beim Drehkörperpaar eine Drehung um die geometrische Achse der die Elemente begrenzenden Rotationsflächen, und beim Prismenpaar eine geradlinige Schiebung in Richtung der Prismenkanten. Dementsprechend mögen die beiden letzteren Paare kurz auch als Drehpaar bzw. Schiebepaar bezeichnet werden.

Für die späteren Untersuchungen ist die Ausführungsart der Umschlußpaare ohne Bedeutung, weshalb wir in allen Fällen, wo

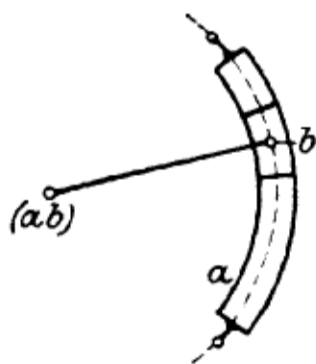


Fig. 4.

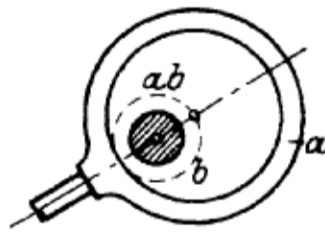


Fig. 5.

eine Drehung des einen Elementes gegen das andere um eine bestimmte in letzterem festliegende Achse stattfindet, nur von einem Drehpaar sprechen, auch wenn dieses nicht als Umschlußpaar im engeren Sinne des Wortes ausgeführt ist, wie z. B. bei Schneide und Pflanne (s. Fig. 1), oder wenn es aus Stein und Kulissee (s. Fig. 4), oder endlich als Exzenter und Ring (s. Fig. 5) besteht. Das gleiche soll auch von den Prismenpaaren gelten, ob sie nun als Schieber oder als Kreuzkopf und Führungseile oder als Stab und Hülse uns ent-

