

6 je ein Gliederpaar bilden, das sich wie ein starres Gebilde bewegt, und zwar um die zusammenfallenden Gelenkachsen 14 und 23, bzw. 35 und 46 gegen das andere Paar dreht. Eine dreigliedrige Kette mit zwei Drehpaaren ist aber nicht zwangläufig.

Neuntes Kapitel.

Die Synthese der Mechanismen und Getriebe.

43. Ziele und Bedingungen der Synthese.

Unter der Synthese der Mechanismen und Getriebe wollen wir die Aufsuchung neuer Mechanismen und Getriebe verstehen, deren Zweck durch bestimmte Bewegungen ihrer Glieder erreicht wird. Das Ziel der Synthese ist demnach, einen Mechanismus so anzuordnen und zu bemessen, daß die gegenseitigen Bewegungen seiner Glieder den Verlauf nehmen, wie ihn der Zweck des Mechanismus oder Getriebes erfordert. Aufgabe der Theorie hierbei ist es, aus den wissenschaftlichen Ergebnissen der Bewegungslehre diejenigen Sätze und Regeln abzuleiten, welche die Erreichung des genannten Zieles ermöglichen, wobei alle nicht phoronomischen Gesichtspunkte, wie z. B. dynamische und technologische, ausgeschlossen bleiben sollen. In dieser Hinsicht ist noch viel zu tun, so entwickelt auch die Theorie der komplanen Bewegungen starrer Ebenen und der kinematischen Ketten in der Gegenwart ist. Denn letztere hat sich in der Hauptsache auf die Analyse der Bewegungsvorgänge erstreckt, während synthetische Fragen und Aufgaben nur wenig berührt wurden. Im folgenden sollen nun gerade diese aufgenommen und zum Teil bearbeitet werden, um hierdurch wenigstens zu einigen Sätzen und Regeln allgemeinerer Art zu gelangen. Die Gesichtspunkte, die den nachstehenden Ausführungen zugrunde gelegt wurden, führen auf gewisse phoronomische Forderungen an die Mechanismen, aus denen die Bedingungen hervorgehen, denen die Abmessungen der Glieder der Mechanismen genügen müssen, falls jene Forderungen erfüllt werden sollen.

Bei der Aufsuchung neuer Mechanismen kommt es, unabhängig von ihrem Zweck, zunächst darauf an, daß einzelne Glieder des Mechanismus gegen das ruhende oder ein anderes Glied bestimmte Bewegungen vollziehen, die von der Bewegung des treibenden Gliedes abhängig sind. Diese Abhängigkeit wird bedingt durch die Zwangläufigkeit der gegenseitigen Bewegungen der Glieder des Mechanismus; letzterer muß sonach aus einer zwangläufigen kinematischen Kette hervorgehen. Aus dieser Forderung der Zwang-

läufigkeit allein schon ergeben sich bestimmte Regeln, auf die weiterhin eingegangen werden soll.

Ferner wird an die Bewegungen der Kettenglieder häufig die Anforderung gestellt, daß ein Glied bestimmte Lagen gegen das ruhende einnehme, wenn ein anderes sich in gegebenen Stellungen befindet. Dieser Forderung läßt sich verhältnismäßig einfach genügen, wenn die Anzahl der Lagen, die einander in diesem Sinne zugeordnet sein sollen, drei nicht übersteigt; sie ist aber auch erfüllbar bis zu fünf Lagen.

Was endlich die Bewegungsvorgänge selbst anlangt, also Bahnen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen betrifft, so werden häufig Bedingungen gestellt, die entweder streng oder nur näherungsweise erfüllt werden sollen. In den seltensten Fällen werden bestimmte Bahnen gefordert, wie z. B. geradlinige, oder Kreisbahnen. Meist bestehen die bezüglichen Forderungen darin, daß die Bahnen an bestimmten Stellen bestimmte Eigenschaften haben sollen. Einer derartigen Forderung läßt sich, falls sie nur innerhalb des Möglichen liegt, meist streng entsprechen. Weniger gilt letzteres von den Geschwindigkeiten und Beschleunigungen geführter Punkte, wobei es aber nicht auf absolute Werte der Geschwindigkeiten und Beschleunigungen ankommt, sondern auf relative.

Im folgenden werden diese Forderungen im einzelnen behandelt und dann Wege angegeben, bzw. angedeutet, wie ihnen zu entsprechen ist, selbstredend innerhalb der Grenzen, wie sie durch die Entwicklung der bezüglichen Theorie zur Zeit als bekannt zu betrachten sind.

44. Die Forderung der Zwangläufigkeit.

Jeder Mechanismus, jedes Getriebe muß in erster Linie zwangläufig beweglich sein, also aus einer zwangläufigen kinematischen Kette hervorgehen. Es ist wichtig, daß diese Bedingung erfüllt werden kann ohne jede Rücksicht auf die Abmessungen der Glieder. Es genügt, die Anzahl n der Glieder einer kinematischen Kette, die der in letzterer auftretenden höheren Elementenpaare h und die der niederen g so zu wählen, daß der Bedingungsgleichung der Zwangläufigkeit I^* (S. 27) genügt und zugleich den Einschränkungen für die niederen Elementenpaare auf S. 23 entsprechen wird. Die Bedingungsgleichung I^* hat nur ganzzahlige Lösungen für n , g und h , wodurch schon eine Einschränkung bezüglich der in Frage kommenden Ketten verursacht wird. Eine weitere wird vielfach dadurch bedingt, daß h nicht ganz beliebig ist, sondern die Anzahl der unselbständigen höheren Elementenpaare durch den Zweck des Mechanismus vorgeschrieben wird. Durch letzteren wird endlich auch

noch die Mindestzahl der Elemente, die in einem Kettengliede auftreten müssen, zumeist bestimmt sein, so daß man hieraus unter Benutzung der Folgerungen auf S. 16 und S. 27 einen Schluß auf die Mindestzahl der Kettenglieder ziehen kann. Allerdings ist damit die erforderliche kinematische Kette noch nicht bestimmt, denn es gibt, wie die Beispiele der sechs- und achtgliedrigen Gelenkketten gezeigt haben, bei denselben Werten für n , g und h noch immer eine ganze Gruppe von Ketten, die infolge der Anordnung der Elementenpaare zwischen den Gliedern auf ganz verschiedenartige Bewegungsvorgänge führen. Das ist aber an sich kein Nachteil, da die Zwecke des Mechanismus unter Umständen gewisse Anordnungen von vornherein ausschließen, während andere wieder sich zufolge von dynamischen und technologischen Gesichtspunkten als ungeeignet erweisen. So bleibt dann meist eine kleinere Anzahl von Ketten übrig, für die n einen möglichst kleinen Wert hat und die dann für den Zweck des Mechanismus sich verschieden eignen werden. An dem Beispiel der Ventilsteuerungen für Dampfmaschinen mag der vorstehende Gedankengang noch näher erläutert werden.

Das Einlaßventil wird nur während der Einströmung des Dampfes in den Zylinder gehoben, also durch den Steuerungsmechanismus in Bewegung gesetzt; während der übrigen Zeit einer vollen Umdrehung der Hauptwelle der Dampfmaschine bleibt es in Ruhe. Sonach bedarf es eines Mechanismus, der aus einer Kette mit un stetigem Bewegungsvorgang abzuleiten ist. Wir betrachten zunächst den Mechanismus, der während der Hebung des Ventiles tätig ist; für diesen sind folgende Gesichtspunkte maßgebend. Das Ventil führt beim Hub eine geradlinige Schiebung gegen den Zylinder, also gegen das ruhende Maschinengestell aus; es ist folglich durch ein Schiebepaar mit letzterem zu verbinden. Der Antrieb zu dieser Bewegung erfolgt von der Hauptwelle der Dampfmaschine, die durch ein Drehpaar mit dem Maschinengestell verbunden ist. Endlich bedarf es noch der beweglichen Verbindung eines Gliedes des Mechanismus mit dem Regulator; diese wird zumeist durch ein Drehpaar bewirkt. Das Maschinengestell als Glied der gesuchten zwangläufigen kinematischen Kette enthält sonach mindestens $i=3$ Elemente von niederen Paaren, und da wir (S. 16) bewiesen haben, daß $\max(i) = \frac{n}{2}$ ist, so folgt umgekehrt bei gegebenem i

$$\min(i) = 2i,$$

also hier

$$n \geq 6.$$

Es kommt nun weiter in Frage, ob die Kette eine Umschlußpaarkette ($h=0$) oder eine höhere Elementenpaarkette sein soll. Wir wollen beide Möglichkeiten erörtern.

Wählen wir zunächst eine Umschlußpaarkette, so folgt für diese mit $n = 6$ aus dem Früheren, daß $g = \frac{3}{2}n - 2 = 7$ ist, und da es nur die beiden sechsgliedrigen Ketten Fig. 21a und 21b gibt, so würde nur zwischen diesen zu wählen sein. Nun enthält die Kette 21b nur ein Gelenkviereck; die Abhängigkeit der Bewegungen ist folglich nicht so groß, wie in der anderen Kette, in der zwei Gelenkvierecke auftreten. Wir wählen folglich die Kette 21b, in der wir eines der Drehpaare durch ein Schiebepaar ersetzen, wodurch die Zwangläufigkeit der Kette nicht geändert wird. Eines der ternären Glieder wählen wir zum ruhenden

Maschinengestell 1 und das binäre Glied 2 zum treibenden (s. Fig. 131). Das ternäre Glied 3, welches mit 2 durch das Drehpaar 23 verbunden ist, werde durch das binäre Glied 4 mit dem Regulatorhebel beweglich verbunden, und da letzterer während des normalen Ganges der Maschine in Ruhe ist, so haben wir das Drehpaar 14 ebenfalls in Ruhe, also dem Glied 1 angehörig zu betrachten. Somit bilden die vier Glieder 1, 2, 3 und 4 das einzige Gelenkviereck 12, 23, 34, 14 dieser Kette. Mit 3 ist die Stange 5 gelenkig verbunden, welche zur Hülse 6

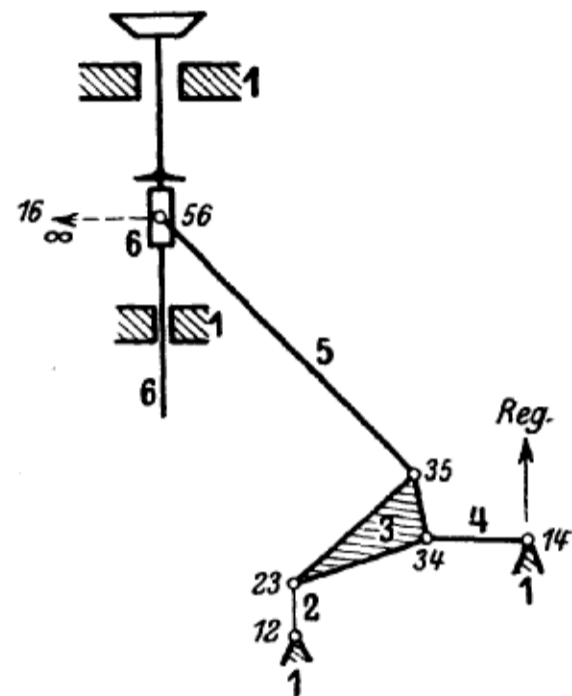


Fig. 131.

führt, die während der Öffnung des Ventils mit diesem starr verbunden zu denken ist. Dies wird dadurch erreicht, daß diese Hülse auf der Ventilstange gleiten kann und infolge eines Anschlages auf letzterer sie mitnimmt. Kommt dann das Ventil bei seiner Abwärtsbewegung auf den Sitz, dann kann sich gleichwohl die Hülse weiter bewegen und die zugrunde liegende Kette bleibt dieselbe sechsgliedrige. Wie man die Abmessungen der Kettenglieder zu wählen hat, um den Zweck der Steuerung zu erreichen, soll weiterhin dargelegt werden. Ob es aber möglich ist, hierbei auch gewissen dynamischen Anforderungen, wie z. B. der Vermeidung von Stößen usw. zu entsprechen, ist eine Frage, auf die nicht näher eingegangen werden soll. Jedenfalls haben die bekannten Ventilsteuerungen ohne höhere Elementenpaare, wie z. B. die beiden von Collmann (D.R.P. Nr. 2714 und 14437) eine größere Zahl von Gliedern, nämlich $n = 8$, bzw. $n = 10$

In vieler Hinsicht vorteilhafter für den Zweck der Ventilsteuerungen sind die aus HEP-Ketten abgeleiteten Mechanismen, da die Anordnung und Gestalt der höheren Elementenpaare, sowie der Kettenschluß der letzteren einer größeren Anzahl von Be-

