

## DREIZEHNTE KAPITEL.

# KINEMATISCHE SYNTHESE.

---

*In magnis et voluisse sat est.*  
PROPERTIUS.

### §. 138.

#### Aufgabe der kinematischen Synthese.

Der kinematischen Analyse, mit welcher wir uns durch eine grosse Reihe von Untersuchungen hindurch beschäftigt haben, steht die kinematische Synthese gegenüber. Während das analytische Verfahren die Eigenschaften des Bewegungszwanges kennen lehrt, welche die aus gegebenen Elementenpaaren, kinematischen Ketten und Mechanismen gebildeten Verbindungen besitzen, fällt dem synthetischen Verfahren die schon bei der „allgemeinen Lösung des Maschinenproblems“ (§. 3) hervorgehobene Aufgabe zu, diejenigen Elementenpaare, Ketten und Mechanismen anzugeben, durch deren geeignete Verbindung sich ein Bewegungszwang von gegebener Art verwirklichen lässt.

Betrachten wir diese Aufgabe für sich, auf ihre innere Bedeutung hin, so stellt sie sich als eine der höchsten, letzten, vielleicht die bedeutendste aller derjenigen heraus, welche uns nach einander entgegengetreten sind, da sie sich mit der Schöpfung neuer Maschinen, also mit der Fortentwicklung des Maschinenwesens als Ziel, unmittelbar befasst. Aus diesem Grunde, und da die Beschäftigung mit dieser Aufgabe die Analyse voraussetzt, bildet die Synthese die letzte der uns in der theoretischen Kinematik zufal-

lenden Aufgaben, gleichsam den Schlussstein des zu errichtenden Lehrgebäudes.

Dem Leser, welcher den vorhergehenden Untersuchungen ohne Unterbrechung gefolgt ist, wird nicht entgangen sein, dass sich nach und nach synthetische Sätze bereits eingefunden haben, sei es bei der allgemeinen Auffassung, zu welcher die Entwicklungsgeschichte der Maschine Veranlassung gab, sei es bei den besonderen Betrachtungen über einzelne Elementenpaare, sowie ganzer Klassen von Mechanismen und vollständigen Maschinen.

Diese Sätze haben den Weg zur Lösung der Aufgabe mehr und mehr eingegrenzt, sodass dasjenige, was die Synthese etwa zu erreichen vermag, sich in grösseren Umrissen bereits zu zeigen begonnen hat. Dennoch lässt sich auch auf dem bereits erreichten Punkte die Aufgabe noch mehrfach verschieden auffassen. Es wird daher zunächst nöthig sein, die Richtung, in welcher die wissenschaftliche Synthese der Gesamtheit der sich darbietenden Probleme gegenüber am ersten Erfolg verspricht, festzustellen.

Wie mir scheint, lassen sich zwei Hauptrichtungen unterscheiden, welche nach dem zu erstrebenden Ziele hinführen. Die eine kann die direkte, die andere die indirekte genannt werden. Jede derselben spaltet sich wieder in zwei besondere Zweige, den des allgemeinen und den des speziellen Verfahrens. Wir wollen versuchen, die Brauchbarkeit dieser verschiedenen Richtungen *a priori* zu prüfen.

### §. 139.

#### Direkte kinematische Synthese.

Die direkte und zugleich allgemeine Synthese würde unmittelbar anzugeben haben, welche Mechanismen in jedem Falle zur Erzielung einer geforderten Orts- oder Formänderung eines zu bearbeitenden Werkstückes, oder zur Verwerthung der in einem Körper gebotenen Naturkraft in einer Maschine anzuwenden wären. Selbst eine nur oberflächliche Prüfung zeigt aber bald, dass dieser Weg nicht der empfehlenswerthe sein kann. Denn unserer Erfahrung und Analyse gemäss kann ein und derselbe Bewegungszweck auf verschiedene, oftmals sehr zahlreiche Arten erreicht werden. Die Synthese hätte also eine grössere Zahl von Antworten auf ein-

mal zu geben, oder aber die beste der möglichen Lösungen sofort zu liefern. Letzteres ist aber geradezu unausführbar wegen des Umstandes, dass die praktische Seite der einzelnen Lösung grossentheils aus der kinematischen Sphäre herausfällt (s. Schluss v. §. 3). Zwei Dampfmaschinen von verschiedener Bauart z. B. können unter verschiedenen Umständen ganz gleich gut, gleich brauchbar, gleich praktisch sein, während sie sich kinematisch stark unterscheiden. Wir haben daher keine Aussicht, die allgemeine direkte Synthese brauchbar ausbilden zu können.

Wenden wir uns deshalb zur speziellen direkten Synthese. Hierunter ist das Verfahren zu verstehen, welches für eine geforderte Orts- oder Formänderung unmittelbar ein Elementenpaar bestimmt. Dies ist in der That allgemein möglich. Denn wenn wir die geforderte Bewegung in jeder Beziehung kennen, so vermögen wir gemäss den Sätzen in Kap. II. die Axoide der beiden Elemente anzugeben, und alsdann, wie in Kap. III. nachgewiesen wurde, auch die denselben zu gebenden Profilformen zu ermitteln. Vom letzteren ausgenommen würden nur diejenigen Fälle sein, in welchen die Polbahnen stets in unendliche Ferne fallen (vergl. §. 9). Hier hätte eine besondere weitere Behandlung der Aufgaben stattzufinden, welche auf die allgemeine direkte Synthese zurückführt. Allein wir brauchen den Gegenstand in der That nicht weiter zu verfolgen, da wir längst wissen, dass die Lösung der Bewegungsaufgaben durch Paare von Elementen in sehr vielen, ja den allermeisten Fällen weit weniger praktisch ist, als diejenige, welche eine kinematische Kette zu Grunde legt. Somit stellt sich auch dieser zweite Weg den praktischen Aufgaben gegenüber als aussichtslos heraus.

#### §. 140.

### Indirekte kinematische Synthese.

Das indirekte synthetische Verfahren besteht darin, von allen denjenigen Problemen die Lösung im voraus anzugeben, unter welche das gegebene Problem möglicherweise fallen kann. Mit anderen Worten heisst dies: die Gesammtheit der kinematischen Probleme im voraus lösen. Diese Aufgabe stellt sich auf den ersten Blick als so weitschichtig, ja so maasslos, der Versuch ihrer Lösung

als so kühn dar, dass sie hier vielleicht nicht anders, denn als ein blosser theoretischer Satz erscheint. Allein ich kann zurückverweisen auf Untersuchungen, die uns bereits gezeigt haben, dass die kinematischen Probleme nicht ein grenzenloses Gebiet bedecken. Ich erinnere nur an die gewiss bemerkenswerthe Kleinheit der Zahl der niederen Paare (§. 15), sowie an die Zählbarkeit der aus jeder Kette herstellbaren Mechanismen (§. 3). So auch hier. Bei näherer Betrachtung stellt sich das Gebiet der kinematischen Probleme wenigstens als übersehbar heraus. Spannt man daher die Forderungen nicht zu hoch, so bietet die Lösung der vorhin bezeichneten Aufgabe innerhalb eines grossen Gebietstheiles, insbesondere desjenigen, auf welchem sich unsere Maschinenpraxis bewegt, keine unüberwindlichen, wenn auch grosse Schwierigkeiten.

Zunächst ist die spezielle indirekte Synthese gemäss den Aufschlüssen, welche die Analyse uns gegeben hat, wirklich durchführbar. Sie hat anzugeben, welche kinematischen Elementenpaare überhaupt bestehen. Nun wissen wir aber (aus §. 56), dass die Zahl der Elemente keine besonders grosse ist, indem wir dieselben durch eine mässige Zahl von Zeichen auszudrücken vermochten. Demzufolge muss sich auch die Zahl der aus denselben zu bildenden Paare innerhalb nicht zu weiter Grenzen bewegen. Dies ist in Wahrheit der Fall. Wir sehen sich also hier thatsächlich ein Feld für die Synthese eröffnen.

Der allgemeinen indirekten Synthese wird sodann die Aufgabe zufallen, für die kinematischen Ketten dasselbe zu leisten, was die spezielle Synthese für die Paare thut. Als Hinderniss stellt sich hier die grosse Zahl der möglichen Fälle entgegen. Allein diese schmilzt bei näherer Prüfung doch bedeutend zusammen. Vor allem stellt sich die Zahl der einfachen kinematischen Ketten, also derjenigen, bei welchen kein Glied mehr als zwei Elemente besitzt, nicht so gross heraus, als sich erwarten liesse. In der That aber macht die Bestimmung der möglichen einfachen Ketten schon einen sehr ansehnlichen Theil der Aufgabe aus.

Zwar kann nämlich die Zusammensetzung der Ketten bis ins Endlose weiter getrieben werden, sodass die wirkliche Erschöpfung der Fälle unmöglich ist; auch muss grundsätzlich den zusammengesetzten Ketten dieselbe Berechtigung auf Untersuchung beigegeben werden, wie den einfachen. Allein in der Maschinenpraxis wird die Zusammensetzung der Ketten thatsächlich nicht sehr weit getrieben. Wo dies dennoch scheinbar der Fall ist, lässt sich fast

