

Wirken mehre Kräfte auf ein Massenelement ein, so kann es sich nur in drei Fällen in gerader Linie bewegen, nämlich:

- a) wenn alle Kräfte konstant wirkende sind;
- b) wenn die einzelnen Kräfte zwar veränderlich wirkende sind, aber doch so, daß die Aenderungsmaafse der Kräftesummen nach drei zu einander normalen Axen sich stets in konstantem Verhältniß zu einander ändern.

In diesen beiden Fällen erfolgt die resultirende Bewegung mit veränderter Geschwindigkeit.

- c) wenn alle Kräfte im Gleichgewicht sind, und dann ist die Bewegung eine gleichförmige.

In allen andern Fällen bewegt sich das Massenelement in einer Kurve, und umgekehrt: Bewegt sich das Massenelement in einer Kurve, so findet keiner dieser drei Fälle statt.

Krummlinige Bahn eines Massenelements.

§ 39. Sind in den Gleichungen (69):

$$y = \int \frac{c_{ii}}{c_i} dx + a_{ii},$$

$$z = \int \frac{c_{iii}}{c_i} dx + a_{iii}$$

die Verhältnisse $\frac{c_{ii}}{c_i}$ und $\frac{c_{iii}}{c_i}$ nicht konstant, so bewegt sich das Massenelement in einer Kurve. Sind die Verhältnisse in jedem Augenblick andere, so kann dies daher rühren, daß entweder die Geschwindigkeiten c_i, c_{ii}, c_{iii} der drei Kräftesummen alle drei sich unabhängig von einander ändern, oder daher, daß die Geschwindigkeiten sich nach einer oder nach zwei Axen gar nicht ändern, also gleichförmig sind, wohl aber nach der dritten, resp. nach den beiden andern Axen.

Hiernach ist die krummlinige Bewegung als das Resultat anzusehen:

- a) entweder von drei Kräftesummen, welche unabhängig veränderlich sind,
- b) oder von einer Kräftesumme, die im Gleichgewicht ist, und von zwei Kräftesummen, von welchen jede entweder konstant oder veränderlich wirkend sein kann;
- c) oder endlich von zwei Kräftesummen, welche im Gleich-

gewicht sind, und von einer Kräftesumme, welche entweder konstant oder veränderlich wirkend ist.

Nach den auf S. 17 über die Entstehung der gleichförmigen Geschwindigkeit gemachten Bemerkungen läßt sich in den beiden unter *b* und *c* genannten Fällen die krummlinige Bewegung auch auffassen, als hervorgegangen aus der Wirkung dreier zu einander normalen Kräftesummen, von denen eine oder zwei momentan wirkend, die beiden anderen, resp. die dritte aber kontinuierlich, sei es konstant oder veränderlich wirkend, zu denken sind.

Bewegung in einer ebenen Kurve.

§ 40. Die Kurve, welche den Gleichungen No. 69 entspricht, ist im Allgemeinen eine Kurve von doppelter Krümmung; sie wird eine ebene Kurve, wenn entweder *y* oder *z* konstant wird, d. h. wenn die in der Richtung der einen Axe liegende Geschwindigkeit gleich Null ist. Für die Bewegung in einer ebenen Kurve haben wir also die Bedingungsgleichungen:

$$70) \left\{ \begin{array}{l} y = \int \frac{c_{ii}}{c_i} dx + a_{ii} \\ z = 0 \text{ oder } c_{iii} = 0. \end{array} \right.$$

Die Bewegung in einer ebenen Kurve läßt sich also immer als das Resultat zweier Kräftesummen ansehen, deren Richtungen zu einander normal sind, und von welchen entweder die eine im Gleichgewicht, und die andere konstant resp. veränderlich wirkend, oder aber welche beide veränderlich wirkend zu denken sind.

Parabelbahn.

§ 41. Bewegt sich ein Massenelement unter dem Einfluß zweier Kräftesummen, deren Richtungen normal zu einander sind und von denen eine im Gleichgewicht ist, also eine gleichförmige Geschwindigkeit bedingt, die andere aber konstant wirkend ist, so ist die Bahn eine Parabel; denken wir nämlich, die gleichförmige Geschwindigkeit finde in der Axe der *X* statt, die ungleichförmige in der Axe der *Y*, und es sei f_{ii} das Aenderungsmaafs der konstant wirkenden Kraft. Man hat sodann:

$$c_{ii} = f_{ii} t \text{ (No. 35. S. 20),}$$

worin *t* die Zeit bedeutet, welche seit der Einwirkung der Kraft verlossen ist. Diese Zeit ist aber dieselbe, während welcher in der Axe der *X* ein bestimmter Weg *x* mit der gleichförmigen Ge-