fahren auf Halbirung des Exponenten eines Radikanden angewandt werden. Schwieriger dagegen ist die Ausziehung der dritten, fünften u. s. w. Wurzel, überhaupt der auf dem soeben erläuterten Wege nicht erhaltbaren Wurzeln aus Strecken. Culmann in seinem angeführten Werke nimmt dabei die logarithmische Spirale zu Hilfe, Schlesinger (siehe oben) benutzt eine nach dem Verfahren in §. 28 verzeichenbare Schaar von Kurven („Potenzkurven"); andere immerhin nicht ganz einfache Verfahrungsweisen sind in den angeführten Quellen angegeben, worauf deshalb verwiesen wird. Hier soll nicht weiter auf dieselben eingegangen werden, da in den später zu behandelnden Aufgaben davon keine Anwendung gemacht wird.

§. 31.

Das Addiren und Subtrahiren von Kräften.

Bei den bisher vorgenommenen rechnerischen Operationen an Strecken wurde nur deren absolute Grösse oder Maass ins Auge gefasst, aber nicht berücksichtigt, welche Richtung die Strecken in der Ebene oder im Raum etwa hatten, noch auch welche bestimmten Punkte der Ebene oder des Raumes den Strecken angehörten, d. h. welche Lage sie einzunehmen bestimmt sein möchten. Diese weiteren Eigenschaften sind aber bei Betrachtung des Gleichgewichtes von Kräften in Betracht zu ziehen, wozu die folgenden Untersuchungen und Aufgaben Anleitung geben. Wir gehen demnach jetzt von den bloss arithmographischen zu den graphostatischen Methoden über.

Wenn mehrere Kräfte auf einen Punkt wirken oder ein Kraftbüschel bilden, so lässt sich deren Gesammtwirkung auf den Punkt durch Addition der Projektionen der die Kräfte darstellenden Strecken auf die Koordinatenachsen erhalten. Diese Addition der Projektionen der Kräfte auf zeichnerischem Wege nennt man das graphische Addiren der Kräfte. Die Summe wird erhalten, wenn man die Kräfte, gleichviel ob sie in der Ebene wirken oder nicht, ihrer Richtung und Grösse nach Ende an Ende so aufträgt, dass in dem entstehenden Polygon ein den Pfeilrichtungen folgender Punkt alle Seiten durchläuft, ohne eine Seite zweimal zu befahren. Sind die Kräfte, z. B. 1, 2, 3 bis 6, Fig. 52, an O im Gleichgewicht, so ist die Summe ihrer Projektionen = Null, das aus den Strecken 1 bis 6 gebildete Polygon, Fig. 53, geschlossen. Der beim Addiren von Kräften zu bildende Linienzug heisst Kräftepolygon. Die Ordnung, in welcher man im

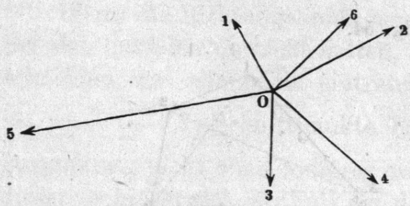
Fig. 52.

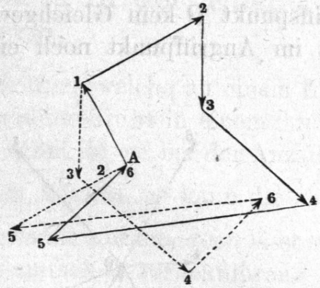
Fig. 53.

Kräftepolygon die Kräfte aufeinander folgen lässt, ist gleichgültig; so kann in Fig. 53 der Zug 1, 2, 3, 4, 5, 6 oder der Zug 1, 3, 4, 6, 5, 2 u. s. w. gewählt werden, ohne dass dadurch das Ergebniss geändert wird.

Das Subtrahiren von Kräften ist wie arithmetisch, so auch graphisch eine Umkehrung des Addirens, und wird durch Umkehren der Pfeilrichtungen der abzuziehenden Kräfte, die alsdann wie oben addirt werden, bewirkt. Für die Graphostatik eignen sich recht eigentlich nur ebene Kräftepolygone, weshalb man unebene auf ebene zurückzuführen hat, was durch passende Kräftezerlegung geschieht. Die vorstehend erklärte Addition und Subtraktion von Strecken, welche Kräfte darstellen, aber auch andere Dinge darstellen könnten, heisst die geometrische Addition und Subtraktion. Ihr schliesst sich die geometrische Multiplikation und Division ebenso an, wie oben die arithmographischen Verfahrungsweisen sich aneinander reihen. Doch wird auf diese, hier später nicht benutzten Methoden, welche übrigens das grösste Interesse des Geometers verdienen, nicht eingegangen.

§. 32.

Resultirende oder Mittelkraft eines Kraftbüschels.

Wir nahmen in den vorigen Aufgaben an, dass die betrachteten Kräfte einander das Gleichgewicht hielten, was zur Folge hat, dass der Zug der die Kräfte darstellenden Strecken