

so sind ihre Differentiale gleich Null, folglich ist die Summe ihrer virtuellen Arbeiten gleich Null, d. h. es ist auch die Arbeit der Mittelkraft gleich Null. Dasselbe findet statt, wenn die virtuellen Geschwindigkeiten c_1, c_2, c_3 einzeln gleich Null sind.

Hieraus ergibt sich als Bedingung des Gleichgewichts:

Sollen mehre Kräfte, deren Richtungslinien in verschiedenen Ebenen liegen, im Gleichgewicht sein, so müssen die Kräftesummen für drei zu einander normale Axen gleich Null sein.

Dieser Satz gilt auch umgekehrt.

Sind die sämtlichen Kräfte im Gleichgewicht, so ist das Masselement entweder in Ruhe, oder es bewegt sich in gerader Linie mit gleichförmiger Geschwindigkeit. Im ersten Falle sind die Wegelemente jeder der drei Kräftesummen gleich Null, im andern Falle sind die Wegelemente in jedem Zeitelement konstant. Da in beiden Fällen $dc = v dt$ gleich Null ist, so folgt, da dt nicht Null sein kann, das Aenderungsmaafs $f = 0$; folglich sind die resultirenden Drucke in der Richtung jeder der drei Kräftesummen in beiden Fällen gleich Null.

Liegen die Richtungen der verschiedenen Kräfte alle in derselben Ebene, so gelten die obigen Sätze in der Weise, dass man nur die Kräftesummen für zwei zu einander normale Axen in dieser Ebene in Betracht zu ziehen hat.

Substituierung gegebener Kräfte durch andere.

§ 35. Aus dem eben Vorgetragenen ziehen wir hier noch einige Folgerungen, die sich leicht einschen lassen, und welche für die folgenden Betrachtungen von Interesse sind.

1) Sind mehre Kräfte, die auf ein Masselement wirken, nicht im Gleichgewicht, und man lässt eine neue Kraft auf das Masselement wirken, deren Leistungselement demjenigen der resultirenden Kraft gleich, aber entgegengesetzt ist, so tritt Gleichgewicht ein.

Dasselbe geschieht, wenn man auf das Masselement anstatt der einen neuen Kraft, ein System von neuen Kräften wirken lässt, dessen Resultirende ein gleiches, aber entgegengesetztes Leistungselement hat, als die Resultirende des ersten Systems.

2) Sind mehre Kräfte an einem Masselement im Gleichgewicht, so lässt sich jede von ihnen so auffassen, als ob sie eine Kraft sei, deren Leistung der resultirenden Kraft sämtlicher übrigen Kräfte gleich und entgegengesetzt ist, oder als ob sie die resultirende Kraft eines Systemes von Kräften sei, dessen resultirende

Leistung der resultirenden Leistung sämmtlicher übrigen gegebenen Kräfte gleich und entgegengesetzt ist.

3) Wirkt ein System von Kräften auf ein Massenelement ein, und es erfolgt Bewegung, so läßt sich der Fall auch so ansehen, als wirke eine Kraft, welche gleich der resultirenden aller übrigen Kräfte ist, allein frei auf das System ein, während alle übrigen Kräfte einzeln durch Gegenkräfte, die ihnen gleich und entgegengesetzt sind, im Gleichgewicht gehalten werden. Sind aber die auf ein Massenelement wirkenden Kräfte sämmtlich im Gleichgewicht, so läßt sich die Sache auch so auffassen, als ob jede einzelne Kraft für sich durch eine gleiche und entgegengesetzte im Gleichgewicht gehalten werde. Wenn man nach den Gesetzen 1, 2 und 3 die Wirkung, welche eine gegebene Kraft, oder ein gegebenes System von Kräften auf ein Massenelement ausübt, hervorgebracht denkt durch eine andere Kraft, oder durch ein anderes System von Kräften, so sagt man, diese andere Kraft, oder dieses andere System werde der ersten Kraft, oder dem ersten System substituirt.

Äußere und innere Kräfte eines Massenelements.

§ 36. Aus dem letzten Satz (No. 3) des vorigen Paragraphen folgt, daß wenn mehre Kräfte auf ein Massenelement einwirken, man sich die Sache so vorstellen könne, als ob jede einzelne Kraft nach ihrer Richtung auf das Massenelement einen Druck ausübe, welcher durch einen gleichen, aber entgegengesetzten Gegendruck aufgehoben wird; gleichviel ob das ganze System im Gleichgewicht oder in Bewegung ist. Diese Gegendrucke sind wir genöthigt wiederum der Wirkung von Kräften zuzuschreiben. Dergleichen Kräfte nennen wir Reaktionskräfte, auch wohl innere Kräfte des Massenelements zum Unterschiede von den zuerst betrachteten Kräften, welche wir äußere Kräfte, oder bewegende Kräfte nennen. Jenen Gegendruck, welchen eine äußere Kraft hervorruft, nennen wir die Reaktion auch wohl den Widerstand des Massenelements. Die innern Kräfte eines Massenelements erscheinen uns stets nur im Zustande des Gleichgewichts; niemals sind sie fähig Bewegung hervorzurufen. Wir können ihr Vorhandensein nur als Hypothese hinstellen, als Folgerung aus den Ansichten, welche wir über die Wirkung der Kräfte aufgestellt haben; unserer direkten Wahrnehmung entziehen sie sich vollständig.

Aus den eben entwickelten Begriffen folgt: