

Hat auch die Kraft P diese Richtung, so ist auch $\alpha = 90^\circ$ und daher:

$$p = P, p' = 0, x' = y' = 0 \text{ und } x + y = P + Q + G.$$

Anwendung der Paare auf einige Bewegungs-Erscheinungen.

38. Um schliesslich noch einige Bewegungs-Erscheinungen zu untersuchen, die sich ebenfalls am einfachsten aus den Eigenschaften der Kräftepaare erklären lassen, so wollen wir zuerst bemerken, dass wenn eine Kugel in irgend einer Richtung gestossen wird, der von der Kugel aufgenommene Stoss immer durch den Mittelpunkt derselben geht.

Denn es lässt sich die Stosskraft immer in eine Componente zerlegen, welche in die an die Kugel am Stoss punct gelegten Tangentialebene fällt und sonach verloren geht, und in eine zweite darauf normale, also durch den Mittelpunkt der Kugel gehende.

Es werde nun eine auf einer horizontalen Ebene MN (Fig. 16) ruhende Kugel vom Halbmesser $CA = r$ in der Richtung MN vorwärts gestossen und sei die durch den Mittelpunkt C nach MN gerichtete Kraft (entweder die ursprüngliche oder durch Zerlegung erhaltene, wobei die darauf senkrechte zweite Componente unberücksichtigt bleibt) $= P$.

Die Kugel wird daher anfangs durch diese Kraft P eine fortschreitende Bewegung erhalten. Da sich jedoch durch die zwischen der Oberfläche der Kugel und jener der Unterlage stattfindende Reibung eine in entgegengesetzter Richtung NM wirkende Reibungskraft p entwickelt oder geltend macht; so verlege man diese nach C , d. h. man ersetze sie nach dem vorhergehenden Verfahren durch eine durch den Mittelpunkt C gehende Kraft p' , welcher jener p gleich, parallel und mit ihr gleich gerichtet ist, und ein Kräftepaar (p, p'') vom Arm $CA = r$. Dadurch wird aber die vorige Kraft P der progressiven Bewegung beständig um die Kraft $p' = p$ vermindert und endlich auf Null gebracht, während das Paar (p, p'') , dessen Moment $= pr$ ist, eine (in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung) Drehung der Kugel nach vorwärts erzeugt.

39. Hat man der Kugel die drehende Bewegung in dieser Richtung nach vorwärts, noch bevor sie auf der Ebene MN (Fig. 17) aufliegt, beigebracht, so entwickelt sich wieder von dem Augenblicke an, in welchem die Kugel die Ebene berührt, die Kraft p der Reibung in der Richtung MN . Wird diese, wie vorhin, durch die mit p gleiche und gleichgerichtete Centralkraft p' und das Paar (p, p'') vom Momente pr ersetzt, so zeigt sich, dass die Kugel durch die Kraft $p' = p$ eine fortschreitende Bewegung in der Richtung MN und gleichzeitig durch das Paar (p, p'') ein Drehbestreben erhält, welches der ursprünglichen Drehbewegung entgegengesetzt ist, und diese daher vermindert.

40. Hat man einer auf einer horizontalen Ebene MN (Fig. 18) liegenden Kugel oder einem kreisförmigen Reife durch einen excentrischen Stoss eine fortschreitende Bewegung nach MN vorwärts und gleichzeitig eine drehende Bewegung nach rückwärts beigebracht, so wird bei der vorigen Zerlegung der hervorgerufenen Kraft p der Reibung, die der Kraft P entgegenwirkende Centralkraft $p' = p$ die fortschreitende Bewegung nach einer gewissen Zeit auf Null bringen, und das Paar (p, p'') vom Moment pr die ursprüngliche Drehbewegung vermindern.

Ist nun diese ursprüngliche Drehung bis zu dem Augenblicke, in welchem die fortschreitende Bewegung aufhört, nicht auch aufgehoben, so rollt die Kugel oder der Reifen wieder gegen M zurück.

41. Betrachtet man ferner die Wirkung der beiden Ruderäder in C und D eines Dampfschiffes AB (Fig. 19), so entwickelt sich bei der Rotation derselben für die Vorwärtsbewegung des Schiffes, durch die Reaction des Wassers gegen die Schaufeln derselben an jeder Seite, d. i. in C und D eine Kraft P , welche mit der Länge des Kiels AB parallel ist und eine im Allgemeinen nahezu durch den Schwerpunkt O des Schiffes gehende Resultirende $R = 2P$ in der Richtung BA geben, mit welcher eben das Schiff vorwärts getrieben wird.

Rotirt dagegen von beiden Rädern nur das eine, z. B. jenes in C in der vorigen Richtung, während das zweite in D stille steht, so kann man die Kraft P wieder aus C nach O verlegen, d. h. nach dem Vorhergehenden diese Kraft P durch eine ihr

gleiche, parallele und gleichgerichtete P' und das Paar (P, P'') vom Arm OC oder dem Momente $P \cdot OC$ ersetzen. Die erstere Kraft $P' = P$ treibt das Schiff nach vorwärts (gegen vorhin mit der halben Stärke), während das Paar (P, P'') dem Schiffe um den Schwerpunkt eine solche Drehung beibringt, dass die Spitze A desselben nach rechts abweicht.

Dieselbe Wirkung wird auch durch ein am Hintertheil des Schiffes angebrachtes Steuerruder hervorgebracht, dessen in das Wasser tauchende Fläche ab die angedeutete Lage hat. Wird die parallel mit AB gerichtete Componente des auf ab stattfindenden Wasserstosses mit p bezeichnet, so wirkt, wenn diese Kraft wieder nach O transferirt wird, die Kraft $p' = p$ der fortschreitenden Bewegung des Schiffes entgegen, während das Paar (p, p'') vom Momente $p \cdot BE$ die genannte Drehung der Spitze A nach rechts bewirkt. Je schneller also das Schiff läuft (wodurch p grösser) und je breiter das Ruder in der Richtung ab ist (wodurch der Arm BE des Paares, also dessen Moment grösser wird), desto wirksamer wird bei derselben Stellung das Ruder.

42. Untersuchen wir endlich noch die Wirkung der Handruder bei der Lenkung eines Kahnes AB in Fig. 20.

Da sich der Kahnführer gewöhnlich am Hintertheile B des Kahnes oder in dessen Nähe befindet, so sei in den drei Figuren Fig. 20 a, b, c ab die Lage der Fläche des im Wasser nach der Richtung EC bewegten oder gestossenen Ruders. Hat nun das Ruder die in Fig. 20 a angedeutete Stellung, so wird durch die Reaction des Wassers eine Kraft P normal auf ab nach der Richtung CE gegen den Schwerpunkt O des Kahnes hervorgerufen, deren eine Componente (§. 18, 1. Beispiel) den Kahn in der Richtung BA vorwärts treibt, ohne demselben eine merkliche Drehung zu geben.

Bei einer Ruderstellung wie in Fig. 20 b wirkt die hervorgerufene Kraft P excentrisch, und wenn man diese nach dem vorhergehenden Verfahren parallel nach O verlegt, d. i. diese in $P' = P$, und das Paar (P, P'') vom Momente $P \cdot OE$ auflöst, so wird der Kahn durch die Kraft $P' = P$ nach vorwärts bewegt, dagegen durch das genannte Paar (P, P'') um den Schwerpunkt O mit der Spitze A nach links gedreht.

Wird endlich das Ruder in der in Fig. 20 c angedeuteten Weise angewendet, so bringt, wenn man die durch den Stoss des Ruders hervorgerufene Reaktionskraft P wieder parallel in den

Schwerpunkt O verlegt, die Kraft $P' = P$ nur eine geringe seitliche Bewegung, dagegen das Kräftepaar (P, P') vom Momente $P \cdot OE$ eine desto kräftigere Drehung des Kahnes in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung (die Spitze A nach rechts) hervor, je grösser bei gleichem Werthe von P die Entfernung OE ist.

Die Folgerungen für das mehr oder weniger wirksame Lenken oder Steuern eines Kahnes mit solchen Handrudern ergeben sich jetzt von selbst.

