

sein soll, der Wirkungsgrad unter 0,5 liegen muss. Man kann nämlich setzen: $K_1 = K_0 + F$, wenn F der durch die Reibungswiderstände aufgezehrte Theil der Betriebskraft ist. Nimmt man nun an, dass beim Beginne der rückgängigen Bewegung der Reibungswiderstand annähernd noch dieselbe Grösse F behält, so gilt für den Rückgang $K_1' = K_0 - F$. Soll nun die Maschine sich selbst sperren, so muss $K_1' \leq 0$, mithin $F \geq K_0$ oder

$$K_1 \geq 2 K_0 \text{ sein, d. h. } \eta = \frac{K_0}{K_1} \leq \frac{1}{2}.$$

i) Drucklinie eines Gewölbes.

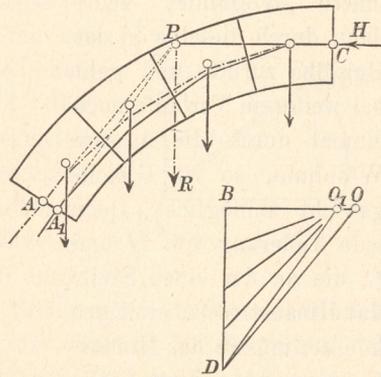
Auf S. 210 wurde gezeigt, dass die Drucklinie einer ruhenden Gruppe von 2 Keilen statisch unbestimmt ist, dass sie ein Seileck zu den Lasten K der Keile sein muss und dass ihre Seiten an zwei beschränkende Bedingungen gebunden sind. Auf S. 212 wurde dann weiter erläutert, dass diese Sätze von der Zahl der Keile unabhängig sind, also auch bei beliebig vielen Keilen Gültigkeit behalten.

Die einzelnen Steine eines (ohne Mörtel gedachten) Gewölb Bogens sind nun auch keilförmige Körper. Soll ein Gewölb bogen in Ruhe sein können, so muss eine dem Ruhezustande entsprechende Drucklinie nachweisbar sein. Die Drucklinie ist ein zu den Gewichten der Gewölbtheile gezeichnetes Seileck. Die einzelnen Seiten desselben dürfen höchstens um den Reibungswinkel von der Normalen zu den Fugen abweichen und müssen die Fugen auch innerhalb des Bereiches der Berührung, d. h. innerhalb des Gewölb Bogens schneiden.

Das Gewölbe möge symmetrisch zu einer lothrechten Mittelebene sein (auch bezüglich seiner Belastung). Betrachten wir diese Ebene als eine Schnittebene, so wird in ihr eine wagerechte Druckkraft, der Seitenschub H , wirken. Denn ein schräg gerichteter Scheiteldruck würde an der einen Hälfte nach oben, an der anderen aber zufolge des Gesetzes der Wechselwirkung nach unten gerichtet sein, was jedoch der Symmetrie widerspricht. Theilt man nun den halben Bogen (Fig. 271) durch Fugen in eine beliebige Zahl von Theilen, deren Gewichte Q_1, Q_2, \dots durch die Schwerpunkte der Theile hindurchgehen, so ist das Kräfteck der Lasten Q leicht gezeichnet, indem man sie nach irgend einem Kräftearmsstab an einander reiht. Wäre nun der Seitenschub H bekannt, so würde man den Pol O in dem Abstände H dem oberen Endpunkte der Lasten gegenüber annehmen und hätte damit sämtliche Polstrahlen. Wäre ausserdem noch der Angriffspunkt C des Scheiteldruckes gegeben, so hätte man die Seilecksseiten nur den

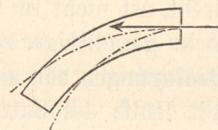
Polstrahlen der Reihe nach parallel zu ziehen und hätte damit das Seileck, d. h. die Drucklinie des Gewölbes. Den Punkt C wollen wir in der Mitte der Scheitelfuge annehmen. Die letzte Seite des Seilecks könnte nun vielleicht aus der inneren Leibung des Gewölbes treten; dann erkennt man, dass dieses Seileck eine mögliche Drucklinie nicht ist. Um aber ein flacher verlaufendes Seileck zu erhalten, braucht man nur den Polabstand H zu vergrössern, und zwar kann man leicht H so bestimmen, dass die letzte Seite die Kämpferfuge an einer bestimmten Stelle A , etwa in ihrer Mitte, schneide. In Fig. 271

Fig. 271.



ist nach willkürlicher Annahme des Poles O_1 das Seileck CA_1 gezeichnet. Verlängert man nun die letzte Seite des ersten Seilecks bis zum Schnitte P mit der Richtungslinie von H , so muss nach S. 119 das Gesamtgewicht R der Gewölbbälfte durch P gehen. Die Lage von R ist nur von der Form des Gewölbes abhängig, nicht aber von der willkürlich angenommenen Lage des Poles O . Für ein grösseres H und für ein wiederum durch C gehendes Seileck muss daher die letzte Seite ebenfalls durch P gehen. Zieht man also PA , so ist dies die Richtung der letzten Seite durch den gewünschten Punkt A . Eine Parallele zu AP durch D bestimmt den neuen Pol O , und OB ist nun der Scheitelschub, welcher einem durch C und A gehenden Seileck entspricht. Dass die Seiten des Seilecks von den Normalen zu den Fugen nicht zu viel abweichen, lässt sich ja nöthigenfalls durch Änderung der Fugenrichtung leicht erreichen. Wichtig ist, dass die Drucklinie überall im Gewölbekörper verbleiben muss. Findet man eine solche Drucklinie, so ist der Ruhezustand gesichert.

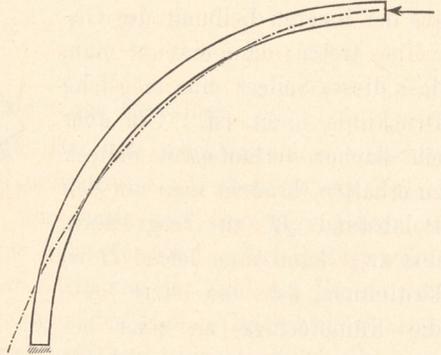
Fig. 272.



Wie schon gesagt, hat man, wenn das erste Seileck die innere Wölbfläche schneidet, H zu vergrössern, oder C nach oben zu verschieben, und umgekehrt. In Fig. 272 sind 2 vorläufige Seilecke

ingezeichnet, die den Bedingungen einer Drucklinie noch nicht entsprechen, aber durch Veränderung von H zu möglichen Drucklinien umzuwandeln sind. Schneidet ein Seileck (Fig. 273) erst die innere Wölblinie, kehrt dann durch dieselbe in das Gewölbe zurück und geht bei weiterem Verlaufe noch einmal durch die äussere Wölblinie, so ist Gleichgewicht unmöglich. Denn jede Änderung von H und C , die an der einen Stelle das Hinaustreten beseitigen könnte, müsste das Hinaustreten an der anderen Stelle noch verstärken; in solchem

Fig. 273.



Falle kann nur eine Vergrösserung der Gewölbstärke oder eine Änderung der Gewölbform zum Ziele führen.

Auf diese Andeutungen über die Drucklinie in Gewölben müssen wir uns hier beschränken. Die wirkliche Lage des Scheitelschubes H und des Widerlagerdrucks W folgt aus dem elastischen Verhalten der Gewölbsteine und findet sich besprochen in Keck, Vorträge über Elasticitätslehre, S. 330 u. ff. Hat man aber die richtige Drucklinie gefunden, so geben die Polstrahlen des Kraftecks die Grösse der Druckkräfte in den einzelnen Fugen an.

II. Wirkung der Reibung bei gleichmässig sich drehenden Körpern.

Ein starrer Körper, der sich gleichförmig um eine feste Achse dreht, ist nicht im Gleichgewichte, weil die einzelnen Massentheilchen nicht geradlinige, sondern kreisförmige Bewegungen ausführen. Die Bedingungen für eine gleichförmige Drehbewegung lassen sich aber mit Hülfe des Satzes auf S. 141 aufstellen, wonach die Ergänzungskräfte den an dem Körper wirkenden äusseren Kräften das Gleichgewicht halten müssen.