

Wasser, welches als Belag oder Niederschlag an den Wandungen auftritt, und die Tatsache, daß bei manchen Versuchen der Dampf mit Ende der Expansion vollkommen trocken war, läßt vermuten, daß das auf eine oder die andere Weise gebildete Wasser sich vollständig oder doch zum größten Teil an den Oberflächen der Wandungen niederschlägt\*).

**83. Graphische Darstellung im Indikatordiagramm des während der Expansion vorhandenen Wassers.** Bei der Untersuchung von Maschinen nach Methoden, welche im folgenden Abschnitte beschrieben werden sollen, wird die Dampfmenge gemessen, welche den Cylinder pro Kolbenhub passiert; dieselbe sei für die Folge, der Abkürzung wegen, „Cylinderfüllung“ genannt. Die Gesamtmenge der Mischung aus Dampf und Wasser, welche sich während der Expansion im Cylinder befindet, summiert sich aus der Cylinderfüllung und dem schädlichen Raumdampf. Um letzteren zu berechnen, nimmt man im Indikatordiagramm nach Beginn der Kompression, beziehungsweise nach vollkommenem Schluß des Auslaßorganes einen Punkt an, notiert Druck und Volumen in demselben unter Berücksichtigung, daß das Volumen die Summe bildet aus dem bis zu jenem Punkte noch nicht durchlaufenen Hubvolumen und dem schädlichen Raume. Aus diesen beiden Bestimmungsstücken läßt sich die Dampfmenge des schädlichen Raumes leicht berechnen unter der Annahme, daß der Dampf einfach gesättigt und kein Wasser vorhanden sei, wenn die Kompression beginnt. In der Regel ist diese Annahme zutreffend; fallweise jedoch ist der schädliche Raumdampf feucht resp. naß, seine Menge daher entsprechend größer, aber in den meisten Fällen kann der Dampf bei Beginn der Kompression, ohne damit einen ernsteren Irrtum zu begehen, als trocken angenommen werden. Die totale Dampfmenge im Cylinder während der Expansion bestimmt sich nun zunächst durch Summierung der so ermittelten Dampfmenge des schädlichen Raumes und der Cylinderfüllung. Das Volumen, welches diese totale Dampfmenge, wenn trocken gesättigt, bei jeder beliebigen Spannung während der Expansion einnehmen würde, kann im Indikatordiagramm durch Einzeichnen einer „Sättigungskurve“ dargestellt werden. Als Beispiel diene das Indikatordiagramm Fig. 45, in welchem *SS* die Sättigungskurve darstellt.

\*) Im Zusammenhange hiermit sei auf die von Bryan Donkin mit Hilfe eines Apparates, „Revealer“ genannt, gemachten Beobachtungen hingewiesen. Siehe seine Schrift „*Sur les formes particulières prises par l'eau dans les cylindres de machines à vapeur*“ (*Revue universelle des Mines*, 1893, S. 276 und *Engineering*, Juni 1893); ferner „*Experiments on the Condensation of Steam*“ (*Min. Proc. Inst. C. E.*, Vol. CXV, 1893). Dieser Apparat ist in dem für wissenschaftliche Maschinenuntersuchungen eingerichteten Laboratorium der Maschinenfabrik Bryan Donkin & Co. in Bermondsey aufgestellt. Diese Versuche und deren Ergebnisse sind auch in der *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, Jahrg. 1894, S. 1434 besprochen.

Um diese Linie zu zeichnen, zieht man zunächst die Anfangsvertikale (entsprechend dem Volumen = 0) in einer Entfernung links vom Linienzug des Diagrammes, welche dem Volumen des schädlichen Raumes entspricht. Zieht man dann eine Horizontale  $ABS$ , welche die Expansionslinie in irgend einem Punkte  $B$  schneidet, dann ist  $AB$  das tatsächliche Volumen, welches die expandierende Mischung bei diesem Drucke füllt,  $AS$  hingegen das Volumen, welches dieselbe füllen würde, wenn trocken und gesättigt;  $BS$  ist somit das infolge der Feuchtigkeit verlorene Volumen,  $\frac{BS}{AS}$  das Verhältnis des Wassergehaltes der Mischung und  $\frac{AB}{AS}$  die Trockenheit  $q$ . Auf diese Weise kann der Wassergehalt für jedes Stadium der Expansion ermittelt werden und im Diagramme zur Darstellung gelangen.

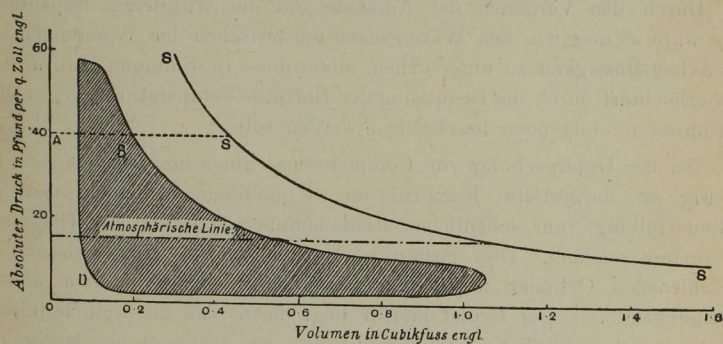


Fig. 45.

Fig. 45 ist das Diagramm einer kleinen englischen Schiffsmaschine, welche von Prof. Ewing untersucht wurde. Die Dampfmenge der Cylinderfüllung betrug pro Hub 0,0404 Pfund (0,0183 kg). Die Spannung in  $D$  wurde mit 4 Pfund pro Quadratzoll (0,27 kg/qcm) und das Volumen an dieser Stelle mit 0,12 Kubikfuß (0,0034 cbm) gemessen.

Nachdem das Volumen von 1 Pfund Dampf dieser Spannung 90,4 Kubikfuß (beziehungsweise 5,65 cbm pro 1 kg Dampf) beträgt, so ergibt sich die Dampfmenge des schädlichen Raumes mit 0,0013 Pfund (0,00059 kg). Daraus resultiert somit eine totale Dampfmenge von  $0,0404 + 0,0013 = 0,0417$  Pfund (0,0189 kg), für welche die Kurve  $SS$  gezeichnet wurde.

Bestimmt man die Werte von  $\frac{BS}{AS}$  in verschiedenen Punkten der Expansionslinie, dann findet man, daß das Verhältnis des Wassers der Mischung bei Schluß der Füllung 52 Prozent betrug, dann während des ersten Teiles der Expansion auf ungefähr 55 Prozent zunahm, im weiteren Verlaufe derselben abnahm und unmittelbar vor dem Austritte nur mehr 37 Prozent betrug.

Sobald der Feuchtigkeitsgehalt der Mischung mit Ende der Füllung bekannt ist, kann man durch den Punkt, welcher dem Abschlusse des Einlaßorganes entspricht, unter Benützung der Gleichung  $pv^n = \text{const.}$  und Annahme eines passenden Wertes von  $n$  (siehe § 42) eine Adiabate legen; diese Kurve verläuft im allgemeinen so, daß sie anfänglich etwas höher liegt als die wirkliche Expansionslinie, diese jedoch bald kreuzt und dann gegen Ende der Expansion merklich tiefer liegt wie diese. Diese Erscheinung ist dadurch begründet, daß die metallenen Wände noch einige Zeit nach Schluß der Füllung Wärme von der Arbeitsflüssigkeit aufnehmen, um später jedoch zufolge des Nachverdampfens des Kondensates Wärme wieder abzugeben.

Durch den Vergleich der Adiabate mit der wirklichen Expansionslinie wäre es möglich, den Wärmeaustausch zwischen den Wandungen und der Arbeitsflüssigkeit zu untersuchen, allein diese Bestimmung wird wesentlich erleichtert durch die Benützung der Entropie-Temperaturkurve, welches Verfahren im folgenden beschrieben werden soll.

Bei der Untersuchung von Compoundmaschinen empfiehlt es sich, die in Fig. 45 dargestellte Konstruktion zu modifizieren, indem man die Cylinderfüllung vom schädlichen Raumdampfe trennt und das Diagramm für erstere zeichnet. Dies gestattet, ein kombiniertes Diagramm für die verschiedenen Cylinder zu zeichnen und längs demselben eine einzige Sättigungskurve. Der Grund hierfür liegt darin, daß die Cylinderfüllung für beide oder sämtliche Cylinder dieselbe ist, während die Menge des schädlichen Raumdampfes sehr verschieden sein kann. Ein Beispiel dieser Konstruktion wird später bei Besprechung der Compoundmaschinen gegeben werden.

**84. Anwendung des Entropie-Temperaturdiagramms behufs Darstellung, des Verhaltens des Dampfes während der Expansion und des Wärmeaustausches zwischen Dampf und Cylinderwandung.** In dem Entropie-Temperaturdiagramm Fig. 46 sei die Linie  $ab$  so gezogen, daß sie der Temperatur des Dampfes im Momente des Abschlusses der Füllung entspricht; im Punkte  $c$  sei diese Linie so geteilt, daß  $\frac{ac}{cb}$  das Verhältnis des trockenen Dampfes zum Wasser der totalen im Cylinder vorhandenen Arbeitsflüssigkeit darstellt. In gleicher Weise seien die Linien  $a'b'$ ,  $a''b''$  etc., welche beliebigen niedrigeren, während der Expansion erreichten Temperaturen entsprechen, in den Punkten  $c'$ ,  $c''$  etc. so geteilt, daß die Abschnitte  $a'c'$ ,  $a''c''$  etc. dem jeweiligen Gehalte an trockenem Dampfe und  $c'b'$ ,  $c''b''$  etc. dem korrespondierenden Wasser-