

Erreichung des Totpunktes eintretenden Verluste einem vollkommen unveränderten Voröffnen (Winkel und lineares Voröffnen) der oben erwähnten Steuerungsarten gleichkommt, vielleicht wird es aber auch ein anderes, durch eine geeignete Scheitelkurve erfüllbares Gesetz geben, welches die Austauschverluste bei kleinen Füllungen gegenüber vollkommen unveränderlicher Voreinströmung zu verringern geeignet ist. (Ähnliche Erwägungen, wie sie in Art. 300 bezüglich der Gleichheit der vor dem Totpunkt eingelassenen Dampfmenge auf beiden Zylinderseiten angestellt sind.)

Anwendbarkeit der vorstehenden Umrechnungsverfahren auf Heißdampfmaschinen.

98. Sowohl das Umrechnungsverfahren (Art. 53 bis 76) für unveränderliches Indikatordiagramm und verschiedene Maschinengrößen, -bauarten und -gangarten, wie auch dasjenige für verschiedene Füllungen an ein und derselben Maschine stützen sich auf Entwicklungen und Erwägungen mit Voraussetzungen, die nur bei gesättigtem Dampf zutreffend sind, für überhitzten Dampf aber ganz und gar nicht gelten, nämlich auf die Voraussetzung der Konstanz der Dampftemperatur während der Füllungsperiode und eines durch den Niederschlagsvorgang und Verdampfungsvorgang bedingten rapiden Wärmeaustauschs zwischen dem Dampf und der innersten Wandungsschicht, der von der Geschwindigkeit, mit welcher der Dampf die Flächen trifft oder an den Flächen vorbeistreicht, ziemlich unabhängig ist (Art. 41).

Bei ruhendem überhitztem Dampf findet der Wärmeaustausch sehr langsam statt und wird erst bei hohen Geschwindigkeiten lebhafter. Auf einige hierdurch bedingte Unterschiede in der Schädlichkeit von Flächen verschiedener Zugänglichkeit bei gesättigtem und überhitztem Dampf wurde schon in drei Anmerkungen zu Art. 45 hingewiesen.

Man rechnet den Wärmeübertrittskoeffizienten zwischen ruhendem gesättigtem Dampf an Metallwandungen = 6000 bis 10 000 WE pro Quadratmeter und Grad Temperaturdifferenz und Stunde. Selbst bei namhaften Geschwindigkeiten, wie sie in Überhitzern vorkommen, ist der Wärmeübertrittskoeffizient des überhitzten Dampfes noch ganz erheblich geringer wie bei ruhendem gesättigtem Dampf. Er kann bei 20 m Geschwindigkeit nur etwa = 200 WE pro Grad Temperaturdifferenz und Stunde angenommen werden. Auf diesem völlig abweichenden Verhalten des überhitzten Dampfes beruht bekanntlich vor allem seine ökonomische Überlegenheit gegenüber

dem Sattedampf. Der durch Verminderung der Austauschverluste mit überhitztem Dampf erreichte Gewinn ist in der Regel noch größer wie der adiabatische Gewinn (Art. 14 nebst Anm.).

99. In der Dampfmaschine treten nun zwar zeitweise erheblich höhere Geschwindigkeiten auf, besonders während des Voreintritts bei geringer voraufgegangener Kompression. Die erste Eintrittsbewegung wird, da der Dampf nicht weiterströmen kann, wahrscheinlich noch von Oszillationen begleitet sein, welche den Wärmeaustausch im Anfange des Eintritts beleben werden. Weiteres über den Zusammenhang von Kompression und Absturzwirbel vgl. Art. 101.

Beim Vorschreiten des Kolbens werden nur noch die Kanalwandungen einer starken Strömung ausgesetzt sein, während an den übrigen Flächen die Dampfgeschwindigkeit kaum die in Überhitzern übliche Höhe erreichen wird.

Es ist einleuchtend, daß bei der großen Bedeutung, welche die Geschwindigkeit und die Umlagerung der Dampftheile bei überhitztem Dampf für den Austausch haben, das Gesetz des Austauschs durch eine große Zahl von Umständen stark beeinflusst wird, deren Verschiedenheit bei Maschinen verschiedener Bauart für die an sich großen Austauschverluste des gesättigten Dampfes wenig ausmacht.

Nicht nur die Geschwindigkeit der Einströmung selbst, sondern auch die Richtung, in welcher der Dampf die Flächen trifft, und die Art und Weise, in welcher er seiner Geschwindigkeit durch die Form der getroffenen und bestrichenen Flächen beraubt wird, und schließlich auch die Lage der Flächen von verschiedenem Heizungs- und Oberflächenzustand in bezug auf die Einströmungsöffnung werden von großem Einfluß auf den zeitlichen und örtlichen Verlauf des Wärmeaustauschs sein.

100. Es wird also besonders die Anwendbarkeit des Unrechnungsgesetzes für Maschinen mit gleichem Indikatorgramm, aber verschiedener Größe, Bauart und Gangart auf überhitzten Dampf in Frage gestellt sein, während das Unrechnungsgesetz für verschiedene Belastung an ein und derselben Maschine (natürlich mit anderen Konstanten) eher anwendbar bleiben wird. Wenn hier die Beibehaltung der beiden Gesetze auch für überhitzten Dampf empfohlen wird, so geschieht es nur in Ermangelung von etwas besserem.

Bei aller Verschiedenheit in den Vorgängen des Wärmeaustauschs wird doch das eine bestehen bleiben und sogar in noch verstärktem Maße bei überhitztem Dampf Geltung haben, daß der Wärmeeintritt bei Beginn der Einströmung am größten ist, nicht nur weil die

innerste Schicht zu Anfang für die Wärmeaufnahme am empfindlichsten ist, sondern auch weil der Wärmeeintritt bei überhitztem Dampf durch die starke Wirbelung gefördert wird. Dieser Umstand deutet für überhitzten Dampf in Formel 27 auf eine niedere Potenz von n , in Formel 36 und 37 auf ein kleineres $k = a/b$ hin.

Was vorstehend (Art. 98 bis 100) über die Anwendbarkeit der Umrechnungsverfahren für überhitzten Dampf gesagt ist, bezieht sich wie das bisher über Umrechnungen Gesagte auf verschiedene Maschinen und verschiedene Betriebsweisen bei gleichem Anfangszustand, also auch gleicher Überhitzung des Admissionsdampfes. Über Umrechnungen der Verluste auf verschiedene Überhitzungsgrade vgl. Art. 105 und 106.

101. Zu der in Art. 99 nur berührten Frage des Zusammenhanges zwischen Kompression und Wärmeaustausch während der Voreinstromungsperiode ist folgendes zu sagen:

Für die bei Anfüllung des schädlichen Raumes mit Dampf auftretende Geschwindigkeit wird vor allem der Kompressionsenddruck maßgebend sein. Um diese Geschwindigkeit und den durch sie bedingten Einsturz- oder „Absturzwirbel“, wie ich den Vorgang nennen möchte, klein zu halten, wird es notwendig sein, die Kompression hoch zu treiben. Andere Gründe wirtschaftlicher Art verlangen jedoch eine weniger hohe Kompression.

Da nun bei gesättigtem Dampf der Einfluß des mehr oder weniger starken Absturzwirbels nicht oder doch nur in ganz geringem Maße vorhanden ist, so folgt, daß man mit dem Kompressionsenddruck bei gesättigtem Dampf nicht über das aus anderen Gründen wirtschaftlich zweckmäßige Maß hinausgehen soll, dagegen bei überhitztem Dampf die Kompression über dieses Maß zur Verminderung des Absturzwirbels soweit steigern wird, daß sich aus dem Zusammenwirken aller dieser Umstände die günstigsten Verhältnisse ergeben.¹⁾

Es wird erwartet werden können, daß gerade bei Einzylindermaschinen die Wirkung des (nur bei überhitztem Dampf bedeutsamen)

¹⁾ Bei gesättigtem Dampf bringt eine über ein gewisses Maß hinausgehende Kompression Wärmeverluste durch Eintritt von Kompressionswärme in die Wandungen mit sich. Dieser Wärmeeintritt ist fälschlich vielfach als ein Vorteil der hohen Kompression bezeichnet. Die Kompressionswärme und Restdampfwärme ist aber mindestens ebenso wertvoll wie die Frischdampfwärme; durch Erhöhung der Kompression wird die Wärmeingangszeit vergrößert und die Wärmeausgangszeit nicht verkürzt, weil die Wandungen in allen Fällen schon trocken sind und damit der Wärmeaustritt aus denselben aufgehört hat, lange bevor die Kompression den Wärmeaustritt verhindern kann.

Absturzwirbels stark hervortritt und eine stark unterschiedliche Wahl der Kompression bei Satttdampf und Heißdampf notwendig machen wird. Bei Verbundmaschinen reicht die Kompression im Hochdruckzylinder aus anderen Gründen schon soweit herauf, daß ein starker Absturzwirbel nicht entstehen wird.

Dieser eine sehr verschiedene Wahl der Kompression für gesättigten und überhitzten Dampf begründende Gedanke ist meines Wissens in der Literatur noch nicht ausgesprochen. Ich habe ihn durch eine noch beschränkte Zahl von Versuchen bestätigt gefunden.

Es gibt noch ein anderes Mittel, den Absturzwirbel zu mildern, nämlich eine frühzeitige gedämpfte Voreinströmung. Bei Schiebersteuerungen kann sie durch eine passend liegende kleine Öffnung im Schieber Spiegel oder durch entsprechende Profilierung der abschneidenden Kanten erreicht werden, bei Ventilsteuerungen durch nicht ganz dicht schließende Deckungsringe (vgl. Führer 48, 33) an den Einlaßventilen.

Solche Öffnungen zum frühzeitigen gedämpften Voreintritt sind schon mehrfach ausgeführt, ob in der Absicht, den Absturzwirbel bei mäßiger, nach anderen ökonomischen Rücksichten gewählter Kompression zu vermindern oder nur, um bei mäßiger Kompression den Druckwechsel zu verlegen, kann nicht gesagt werden, doch muß aus den vorstehenden Betrachtungen gefolgert werden, daß das frühzeitige gedämpfte Voröffnen (da es an sich, d. h. ohne Rücksicht auf den Absturzwirbel, unökonomisch ist) nur bei Maschinen mit namhafter Überhitzung eine Dampfersparnis durch Minderung des Absturzwirbels bringt.

Anwendbarkeit der vorstehenden Umrechnungsverfahren auf Verbundmaschinen.

102. Die Umrechnungen der Verluste von Verbundmaschine zu Verbundmaschine können mit nahezu gleich guten Aussichten auf Richtigkeit der Ergebnisse bei Einführung anderer Konstanten nach den in den Art. 53 bis 76 und 77 bis 95 gegebenen Regeln vorgenommen werden, wenn die Maschinen mit gesättigtem Dampf von gleichem Anfangsdruck betrieben und betrieben gedacht werden.

Aber auch für den Vergleich und die Umrechnung von Maschinen mit (untereinander gleicher) Überhitzung sind die Aussichten, daß die aufgestellten Regeln einigermaßen Gültigkeit behalten, nicht so ungünstig wie für Einzylindermaschinen. Denn der Niederdruckzylinder erhält bei den üblichen Überhitzungen meist schon gesättigten