

größere Abkühlungsfläche entgegen. Aus diesen und vielleicht anderen Gründen ist anzunehmen, daß bei frühzeitigem Dampfabschluß die anfängliche Kondensation verhältnismäßig groß sein wird; diese Annahme wird auch durch die Resultate der nach dieser Richtung durchgeführten Versuche vollinhaltlich bestätigt. Diese Versuche haben auch die wichtige Tatsache ergeben, daß die über eine gewisse Grenze gesteigerte Expansion keine Erhöhung des thermischen Wirkungsgrades zur Folge hat, da von diesem Grenzwerte an der Verlust an Wärme infolge des erhöhten Einflusses der Wandung größer ist, als die Erhöhung der Ökonomie infolge Erweiterung der Expansion. Aus diesem Grunde, sowie mit Rücksicht auf den mechanischen Wirkungsgrad, auf welchen in § 100 weiter eingegangen werden soll, ist es nicht zweckmäßig, die Expansion zu weit, selbst nicht bis in die Nähe vollkommener Expansion zu treiben. Bei gegebener Kesselspannung und gegebener Kolbengeschwindigkeit gibt es für jede Maschinengröße und Type einen bestimmten Expansionsgrad, für welchen der Wirkungsgrad ein Maximum wird; die Bedingungen jedoch, auf welchen dieses Maximum beruht, sind zu kompliziert, um durch theoretische Untersuchungen klargelegt werden zu können; hier ist vor allem der Weg des Experimentes angezeigt, denn es kann z. B. eine Maschine, von welcher eine bestimmte Leistung verlangt wird, bei geringerer Dampfspannung und größerer Füllung bessere Resultate ergeben, als bei Verwendung hoher Spannungen und kleiner Füllungen.

88. Versuchsergebnisse mit verschiedenen Expansionsgraden.

Durch die an früherer Stelle besprochenen Versuche amerikanischer und elsässischer Ingenieure wurde die Verminderung des Wirkungsgrades infolge erhöhten Einflusses der Cylinderwandung bei zunehmender Expansion nachgewiesen; die in nachstehender Tabelle III enthaltenen Zahlen sind einer diesbezüglichen Arbeit Hallauers*) über die mit einer Eincylinder-Corlißmaschine ausgeführten Versuche entnommen.

Tabelle III.

Expansionsverhältnis	Prozentueller Wassergehalt		Stündlicher Dampfverbrauch pro indizierte Pferdekraft in kg
	mit Ende der Admission	mit Ende der Expansion	
7,3	24,2	17,8	8,04
9,4	30,8	18,6	7,95
15,1	37,5	20,8	8,00

*) *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, May 26, 1880.

Aus diesem Auszuge der Hallauerschen Versuche ergibt sich zunehmende Cylinderkondensation mit erhöhter Expansion; das Maximum des Wirkungsgrades, entsprechend dem geringsten stündlichen Dampfverbrauche, liegt zwischen den beiden Expansionsgrenzen, auf welche sich die Versuche erstreckten; der Wirkungsgrad variiert jedoch äußerst wenig, selbst innerhalb der weiten Expansionsgrenzen von 7,3 resp. 15,1. Die amerikanischen Versuche ergaben das beste Resultat bei noch geringeren Expansionsverhältnissen, beziehungsweise größeren Füllungen.

In nachstehender Tabelle IV sind einige Resultate der mit den Compoundmaschinen des Vereinigten Staaten - Dampfes „Bache“ ausgeführten Versuche zusammengestellt; die Maschine arbeitete mit ziemlich konstanter Kesselspannung von 6,5 kg/qcm absolut und nicht sehr veränderlicher Geschwindigkeit; während der Versuche arbeitete nur der Niederdruckcylinder mit Dampfmantel.

Tabelle IV.

Totales Expansionsverhältnis	Dampfverbrauch pro Stunde und indiz. Pferdekraft in kg
4,2	9,47
5,7	8,87
7,0	9,06
9,2	9,79
16,8	11,21

Auch bei diesen Versuchen ergab sich eine sehr geringe Beeinflussung des Wirkungsgrades, selbst durch weit auseinanderliegende Expansionsverhältnisse; wenn jedoch die Füllung sehr klein wird, zeigt sich eine rapide Vergrößerung des Dampfkonsums.

Die Resultate der von Willans mit einer seiner einfach wirkenden, schnellaufenden Auspuffcompoundmaschinen*) bei einer absoluten Admissionsspannung von 8,8 kg/qcm ausgeführten Versuche sind in nachstehender Tabelle V zusammengestellt**).

Die Anfangskondensation ist hier verhältnismäßig gering, wohl infolge der hohen Tourenzahl von durchschnittlich 404 pro M., mit welcher die Maschine während der Versuche arbeitete; aus demselben Grunde ist auch die Ökonomie des Dampfverbrauchs für eine so kleine Auspuffmaschine ziemlich hoch.

*) Abbildung und Beschreibung derselben siehe Abschnitt XII, sowie *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, Jhrg. 1892, S. 960.

***) Siehe Willans *On Non-Condensing Steam-Engine Trials. Minutes of Proc. of the Inst. of Civ. Engineers* 1888.

Tabelle V.

Willans Maschine ohne Kondensation. Einfluß der Veränderung der Expansion bei konstanter Anfangsspannung und Geschwindigkeit.

Totales Expansionsverhältnis	Prozent Wassergehalt i. Hochdruckcylinder mit Ende der Füllung	Stündlicher Dampfverbrauch pro indiz. Pferdekraft in kg
4	8,9	9,24
4,4	10,2	9,15
4,8	11,7	9,06
5,2	14,2	9,05
5,6	14,3	8,92
6	18,4	9,06
8	25,0	10,32

Eine andere Versuchsreihe wurde mit einer gleichen Maschine, jedoch mit Kondensation arbeitend, bei einer Dampfspannung von ca. 11,6 kg/qcm absolut, durchgeführt*). Willans fand hierbei eine geringe Erhöhung des Dampfverbrauchs von 6,37 auf 6,58 kg pro indizierte Pferdekraftstunde, wenn das Expansionsverhältnis von 15,5 auf 20 erhöht wurde; gleichzeitig nahm der prozentuelle Wassergehalt im Hochdruckcylinder mit Schluß der Füllung von 31 auf 37 zu. Alle Resultate stimmen wie man ersieht darin überein, daß das Expansionsverhältnis innerhalb ziemlich weiter Grenzen verändert werden kann, ohne daß hierdurch der Wirkungsgrad wesentlich beeinflußt wird, weil der Gewinn an Arbeit durch Vergrößerung der Expansion aufgehoben wird durch den schädigenden Einfluß der vermehrten Anfangskondensation.

Jenes Expansionsverhältnis, welchem ein Maximum des Wirkungsgrades entspricht, ist niemals scharf abgegrenzt und sein Wert hängt namentlich von der Anfangsspannung und der Besonderheit der zu untersuchenden Maschine ab.

89. Vorteil hoher Geschwindigkeit. Der Vorteil hoher Kolbengeschwindigkeit, die Wirkungsweise der Maschine der adiabatischen näher zu bringen, wurde wiederholt durch Versuche erwiesen, und sollen hier im Zusammenhange mit den vorhin angeführten Versuchen zwei weitere Versuchsreihen Beachtung finden, welche von Willans mit einer seiner Compoundauspuffmaschinen und zwar erstere bei einer absoluten Anfangsspannung von 6 kg/qcm und einem fixen Expansionsverhältnis von 3,2, letztere bei einer absoluten Admissionsspannung von 8,8 kg/qcm und einem

*) Siehe Willans *On Steam-Engine Trials*; *Min. Proc. Inst. of Civ. Eng.* 1893.