

**188. Zugerzeugung durch Ventilation.** Der Ventilator, als ein Apparat zur Hervorbringung künstlichen Luftzuges, war bereits im sechzehnten Jahrhundert bekannt, doch fand derselbe als Ersatz oder zu der Unterstützung eines Schornsteines erst vor etwa achtzig Jahren nachweisbare Anwendung. Im Jahre 1827 wendete E. Stevens in Bordentown einen Ventilator an, um Luft in den Aschenfall der Kessel des Dampfers Nord-America zu pressen. John Ericsson soll bereits 1824 den englischen Dampfer Victoria für Preßluft mit einem Ventilator ausgerüstet haben; sicher nachgewiesen ist jedoch nur, daß 1830 der Dampfer Corsair von ihm für künstlichen Zug eingerichtet wurde. Zu jener Zeit war jedoch die Maschinengeschwindigkeit und die Dampfspannung sehr gering; das Bedürfnis nach beschleunigter Verbrennung nicht vorhanden und die Erfahrung hinsichtlich der Verwendung künstlichen Zuges fehlte gänzlich. Es war daher natürlich, daß diese Frage wieder vollkommen in den Hintergrund trat.

Die Wiederaufnahme des künstlichen Zuges erfolgte gleichfalls für Schiffszwecke und zwar diesmal durch die Vereinigten Staaten Nordamerikas. Um diese Zeit begann B. F. Sturtevant die Ausführung von Ventilatoren verschiedener Größe und führte dieselben zur Erhöhung des Zuges bei stationären Kesselanlagen in vielen Fällen ein. Die Luftzufuhr erfolgte durch den Aschenfall und ermöglichte die Verwertung von minderem Brennmaterial, dessen Verbrennung durch den Essenzug nicht möglich war. In Amerika entwickelte sich nun die Anwendung mechanischen Zuges außerordentlich schnell. Von dem Unterwindsystem ging man allmählich auf das Saugsystem über, welches auch heute für stationäre Anlagen das anerkannt beste System ist. Auch in der Marine vollzog sich in verhältnismäßig kurzer Zeit eine ebenso rasche Umwälzung; im Jahre 1877 wurde in Frankreich, 1882 in England und bald darauf auf allen Schiffen der neuen Marine der Vereinigten Staaten der Ventilatorzug eingeführt. Dem Beispiele der Marine folgte die Handelsschiffahrt hinsichtlich ihrer See- und Ozeandampfer.

In konstruktiver Beziehung lassen sich zwei Ventilatorsysteme unterscheiden.

Bei dem einen System ist das Flügelrad nach Art der Schraubpropeller gebaut und bewegt die Luft in Schichten, welche zur Ventilatorachse parallel laufen, indem die Wirkung der Flügelflächen auf dem Prinzip der schiefen Ebene beruht.

Bei dem zweiten System sind die Flügel in ihrer einfachsten Form radial gestellt, parallel zur Achse verlaufende Flächen, welche während der Drehung die Luft axial einsaugen und tangential zum äußeren Schaufelelement auswerfen. Man nennt diese Ventilatoren **Zentrifugalventilatoren**.

Der Schraubenventilator ist nur dann mit Vorteil zu verwenden, wenn es sich um Ventilation im weiteren Sinne des Wortes handelt; für die Überwindung größerer Widerstände, also zur eigentlichen Zugerzeugung ist er nicht geeignet; in dieser Beziehung können befriedigende Resultate nur durch den Zentrifugalventilator erreicht werden. Das Flügelrad desselben ist in einem Gehäuse eingeschlossen, welches genügenden Raum für die Bewegung der aus den Flügeln austretenden Luft bietet und aus welchem dieselbe durch eine Öffnung entweicht. Der Antrieb kann entweder von einer Transmission abgeleitet oder durch einen eigenen kleinen Motor besorgt werden; die letztere Betriebsart, die sich namentlich für größere Anlagen empfiehlt, hat den Vorteil der vollen Unabhängigkeit für sich \*).

Wie bereits früher bemerkt, kann der künstliche Zug entweder durch Einführung von Preßluft oder durch Absaugen der Verbrennungsprodukte, also durch Bildung eines Vakuums erzeugt werden. Obgleich von Stevens im Jahre 1827 und den folgenden Jahren Versuche nach beiden Methoden durchgeführt wurden, so blieb doch die Überdruckmethode für längere Zeit die einzige Art, nach welcher künstlicher Zug praktisch erzeugt wurde. Der Druck der Luft unter dem Feuer muß hierbei größer sein als der Druck der Atmosphäre. Man kann hierbei entweder den Aschenfall luftdicht abschließen und in denselben die erforderliche Luftmenge unter der nötigen Pressung eintreiben, welche gezwungenermaßen nur durch das Brennmaterial entweichen kann, also vollkommen für die Verbrennung allein ausgenützt wird, oder man bläst bei abgedichtetem Feuerraum Luft zum Teil in diesen und den Aschenfall oder nur in den vollständig abgeschlossenen Heizraum. Man kann demnach die **Preßluftanlagen** unterscheiden in solche mit geschlossenem Aschenfall, mit geschlossenen Heizräumen oder mit geschlossenen Aschenfällen und geschlossenen Feuerungen.

Die Preßluft- oder Unterwindfeuerungen haben nur auf Kriegsschiffen und Handelsdampfern Eingang gefunden; für ortsfeste Anlagen sind sie nicht geeignet. Man arbeitet in der Praxis entweder mit starkem Unterwind oder wie man gewöhnlich sagt: forciertem Zug, wobei die Spannung auf 30mm Wassersäule und darüber erhöht wird, oder mit schwachem Unterwind oder Hilfszug, bei welchem die Spannung nur gering, etwa 5 bis 15 mm ist. Mit starkem Unterwind arbeiten die Kessel schneller Kriegsschiffe, als Kreuzer, Torpedofahrzeuge, um mit möglichst leichten, also kleinen Kesseln möglichst große Leistungen hervorzubringen. Mit

\*) Abbildungen und Beschreibung der verschiedenartigsten Anordnungen von Zentrifugalventilatoren siehe: *Sturtevant Engineering Co.*, London, „*Mechanical Draft*“.

schwachem Unterwind arbeiten hingegen die Kessel der Handelsdampfer, um entweder minderwertige Kohle verwenden oder einen sparsamen Betrieb erzielen zu können.

Bei den Feuerungen mit geschlossenen Heizräumen sind alle Zugänge zu den Heizräumen durch sogenannte Schleusenammern geschlossen, d. h. doppelte Türen, welche beim Passieren von Personen immer so zu handhaben sind, daß die eine geschlossen ist, wenn die andere geöffnet wird, damit möglichst wenig Preßluft aus dem Kammerraum entweichen kann. Die Heizer arbeiten somit unter Preßluft. Da selbst bei sehr starkem Unterwind nur ein Überdruck von 50—100, höchstens 150 mm Wassersäule (höher kann der Druck schon aus anderen Rücksichten nicht gesteigert werden) eintritt, so wirkt derselbe nicht belästigend für den Arbeiter; dabei sind die Heizräume kühl und gut gelüftet.

Die meisten neueren Kriegsschiffe und die Mehrzahl der Torpedoboote aller Marinen arbeiten mit geschlossenen Heizräumen.

**Geschlossene Aschenfälle** bedingen keine Abweichung der für natürlichen Zug gebräuchlichen Einrichtung der Heizräume. Der Ventilator treibt die Luft durch einen Kanal nach dem Aschenfall; von diesem bläst sie durch den Rost und die Brennstoffschicht in den Feuerraum, in diesem noch einen gewissen Überdruck besitzend; damit beim Öffnen der Heztüren die Flammen nicht in den Heizraum schlagen, muß vorher der Zutritt der Preßluft zum Aschenfall abgeschlossen werden. Die hierzu erforderlichen Vorrichtungen werden, obwohl deren konstruktive Lösung anfänglich namhafte Schwierigkeiten bereitete, heutzutage so ausgeführt, daß sie vollkommen befriedigend funktionieren\*).

Kesselanlagen mit geschlossenen Aschenfällen und Feuerungen werden fast ausschließlich nur in Verbindung mit Apparaten zur Vorwärmung der Verbrennungsluft durch die abziehenden Heizgase gebaut. Die Luft wird, wie bereits erwähnt, infolge einer eigentümlichen Bauart der Heizung nicht nur schräg von oben gegen die Oberfläche des Feuers, sondern in den Aschenfall und von hier durch den Rost geblasen; durch Schieber läßt sich sowohl die Menge als auch die Pressung der Luft oberhalb wie unterhalb jedes Feuers unabhängig von einander regeln und hierdurch eine vollkommene Verbrennung erzielen. Die unterhalb des Feuers eintretende Luft soll hauptsächlich zur Hervortreibung der durch Destillation entstehenden Gase dienen, während die oberhalb des Feuers mit größerer Energie einblasende Luft die aufsteigenden Gase so innig durchsetzt, daß der zu ihrer vollkommenen Verbrennung erforderliche Sauerstoff gleich-

\*) Konstruktionen solcher Feuerungsanlagen, wie sie von den Firmen Schichau in Elbing, Willans in England und Fothergill in Italien ausgeführt werden, siehe: C. Busley, *Die Schiffsmaschine*, 1901, S. 751.

mäßig verteilt wird. Die Vollkommenheit der Verbrennung wird durch die Vorwärmung der Luft auf ihrem Wege vom Flügelradgebläse bis zum Eintritte in die Feuerung noch erhöht. Bei der **Feuerung von Howden** soll die Luft bis auf 200° vorgewärmt in das Feuer gelangen; doch ist eine so bedeutende Vorwärmung beim Betriebe zur See kaum zu erwarten. Der Vorteil dieser Feuerung, welche namentlich auf größeren Schnellpostdampfern Eingang gefunden hat, liegt in den durch das Wegsaugen der heißen Luft über den Kesseln besser gelüfteten Heizräumen, sowie in der Herabminderung des Kohlenkonsums; die damit erzielte Ersparnis soll ca. 15% gegenüber dem gewöhnlichen Essenzug betragen.

Die **Feuerung von Wyllie** besitzt keinen eigenen Luftvorwärmer; bei derselben wird nur die heiße Luft des Heizraumes durch den oben dicht abgeschlossenen Schornsteinmantel und Umbau mittels eines Ventilators angesaugt und dann sowohl in die Feuerung als auch in den Aschenfall gedrückt.

Vorrichtungen, um die Menge und den Druck der in die Feuerungen und Aschenfälle gepreßten Luft unabhängig regeln zu können, sind hier nicht vorhanden; es ist daher die Spannung der Luft im Feuerraum ebenso groß wie jene der in den Aschenfall gedrückten Luft, nur tritt bei der Anordnung von Wyllie auch unterhalb der Feuerbrücke Luft unmittelbar in die Rauchkammer, um dort eine Mischung der brennbaren Gase mit Luft zu ermöglichen.

Eine andere Anordnung, bei welcher jedoch nur die **Feuerungen geschlossen**, die **Aschenfälle** hingegen **offen** bleiben, besteht darin, daß man Preßluft mittelst einer Luftpumpe aus den Schiffs-, Maschinen- und Heizräumen saugt, wodurch diese gleichzeitig gelüftet werden und durch Metalldüsen, welche verstellbar sind, um die Luftzufuhr regeln zu können, in den Feuerraum ausströmen läßt. Der aus den Düsen tretende heftige Strom von Preßluft saugt die umgebende Luft zum Teil auch durch die offenen Aschenfallmündungen an und erzeugt auf diese Weise einen sehr lebhaften Zug. Solche Feuerungen sind auf Dampfern englischer Linien vielfach in Verwendung gekommen\*).

Im Zusammenhange sei hier erwähnt, daß man auch auf Kriegsschiffen heute nicht mehr so hochgespannte Preßluft verarbeitet, als dies bei Einführung des forcierten Zuges vor 10 bis 20 Jahren der Fall war. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die Kessel durch wiederholtes starkes Forcieren leiden und zu steten Reparaturen Veranlassung geben. Man arbeitet daher nur mehr mit 30 bis höchstens 50 mm Wassersäule; Pressungen bis 150 mm, wie sie früher auf Torpedobooten zur Anwendung

\*) C. Busley, *Die Schiffsmaschine*, 1901, S. 754—757.

kamen, sind heute gänzlich ausgeschlossen. Im Falle der Not hat man ja trotzdem durch Forcierung des Zuges die Möglichkeit, die Maschinenleistung zu steigern. Mit der Spannung der Preßluft von 50 mm kann man noch immer eine ca.  $7\frac{1}{2}$ -fache Verdampfung und eine Steigerung der Maschinenleistung gegenüber jener mit voller Kraft und natürlichem Zuge um etwa 40 bis 50% erzielen. Der Kohlenverbrauch pro Leistungseinheit steigt dabei infolge der hohen Temperatur der in die Esse entweichenden Gase um mindestens 10% gegenüber dem natürlichen Zuge; diese Steigerung wächst mit zunehmender Spannung der Preßluft; es nimmt daher der Kohlenverbrauch auch bei stark gespannter Preßluft in höherem Maße zu als die Leistung der Maschine.

**Feuerungsanlagen mit Saugluft.** Dieses System der Erzeugung künstlichen Zuges ist dem Prinzipie nach identisch mit dem natürlichen Essenzuge, indem da wie dort ein teilweises Vakuum im Feuerraum gebildet wird; es ist daher die natürlichste Methode der Verwendung mechanischen Zuges, indem in der ganzen Anlage des Kessels keine Änderung gegenüber einer Anlage mit gewöhnlichem Essenzug erforderlich ist und dennoch die zur Erzielung lebhafterer Verbrennung notwendigen Druckdifferenzen leicht erzielt werden können. Die Saugluftanlagen sind im allgemeinen einfacher und leichter ausführbar und besser zu kontrollieren als die Preßluftanlagen. Im Betriebe liefern sie bei entsprechender Disposition des Ventilators kühle Heizräume und sind auch für die Heizer bequemer als Preßluftanlagen mit geschlossenen Aschenfällen, weil beim Öffnen der Feuertüren keine besonderen Vorsichtsmaßregeln zu beobachten sind und auch eine Belästigung durch aus der Feuerung schlagende Flammen und Rauch nicht zu befürchten ist.

Ein weiterer Vorteil der Saugluft, welcher speziell bei Feuerrohrkesseln sehr zugunsten derselben spricht, ist der, daß die Feuerrohre in geringerem Maße verschleifen, als bei Verwendung von Preßluft. Die an Lokomotiv- und Torpedobootkesseln gesammelten Erfahrungen haben gezeigt, daß die Feuerrohre der mit Saugluft fahrenden Lokomotiven viel längere Zeit vorhalten als jene der Torpedobootkessel gleicher Konstruktion, welche mit Preßluft arbeiten. Diese Tatsache findet darin ihre Begründung, daß die Flammen, wenn sie durch die Rohre gepreßt werden, bevor sie sich in die einzelnen, in die engen Rohre eintretenden Flammungen auflösen, gegen die Rohrwand stoßen, während sie sich bei Saugzug schon in einiger Entfernung vor den Rohrmündungen zerteilen und als langgestreckte Flammungen in dieselben eintreten. Die Rohrmündungen sind daher in diesem Falle der zerstörenden Wirkung der Stoßflamme, also dem Verbrennen, viel weniger ausgesetzt.

Den Vorteilen der Saugluftanlagen stehen aber auch gewisse, dem

System eigene Nachteile gegenüber. Einerseits müssen die aus dem Schornstein saugenden Ventilatoren infolge des durch die Temperaturerhöhung wesentlich vergrößerten Volumens der Heizgase größere Dimensionen bekommen, als bei Preßluftanlagen. Die Flügelräder werden selbst weniger wirksam, wenn sie in heißen Gasen arbeiten und steuert man diesem Übelstande am besten dadurch, daß man die Heizgase möglichst abkühlt, also auch möglichst ausgenützt in die Ventilatoren eintreten läßt.

Die anfängliche Befürchtung, welche längere Zeit hindurch der erfolgreichen Einführung des künstlichen Saugzuges im Wege stand, daß Flügelräder die hohe Temperatur der Essengase nicht dauernd vertragen können, kann heute als ein überwundener Standpunkt betrachtet werden, indem gut gebaute Ventilatoren unter Temperaturen von 300 bis 500° C Jahre hindurch anstandslos im Betriebe gestanden sind; allerdings erfordern solche Ventilatoren spezielle Konstruktionen, um der Hitze zu widerstehen und müssen in erster Linie die Lager so eingerichtet sein, daß sie fortwährend kühl erhalten bleiben.

Die saugenden Ventilatoren laufen gewöhnlich mit einer Umdrehungszahl von 250 bis 350 pro Minute. Der Nutzeffekt kann hierbei zu circa 40 Prozent im Mittel angenommen werden, doch empfiehlt es sich, für die Berechnung der Cylinderdimensionen der Antriebsmaschine den Wirkungsgrad nur mit 35 Prozent anzunehmen.

Über Zugmesser, Zugregulierung und die Beurteilung des Zuges ist in jüngster Zeit eine Arbeit veröffentlicht worden\*), welche die bekannteren Meßapparate und Reguliervorrichtungen hinsichtlich ihrer Einrichtung und Wirkungsweise im Zusammenhange behandelt. Unter Hinweis auf diese Arbeit sei auf diesen Gegenstand hier nicht weiter eingegangen.

**189. Vorwärmer.** Um bei ortsfesten Betrieben den Heizgasen einen Teil jener Wärme zu entziehen, welche sie beim Verlassen der Kesselheizfläche noch besitzen, führt man dieselben auf ihrem Wege zur Esse beziehungsweise zum Ventilator noch durch Speisewasservorwärmer und nützt auf diese Weise durch Erhöhung der Temperatur des Speisewassers wenigstens einen Teil der sonst verlorenen Wärme aus, denn je wärmer das dem Kessel zuzuführende Speisewasser ist, desto weniger Wärme ist noch erforderlich, um dasselbe in Dampf zu verwandeln. Außer den Essengasen stehen häufig noch andere Wärmequellen, als der Abdampf bei Dampfmaschinen, Dampfheizungen etc. zur Verfügung. Man

---

\*) Prof. Donath, *Über den Zug und die Kontrolle der Dampfkesselfeuerungen*, Leipzig und Wien 1902, Franz Deuticke.