

zutage giebt es wohl kaum eine große Landdampfmaschine, noch weniger eine größere Schiffsmaschine, welche nicht compound wäre. Speziell im Schiffsmaschinenbau, wo die Ökonomie des Brennmaterials aus verschiedenen Gründen eine viel wichtigere Rolle spielt als bei Landdampfmaschinen, wurde das Prinzip der Verbundexpansion ungemein ausgedehnt, durch die allgemeine Einführung der drei- und fallweise auch der vierstufigen Expansion, bei welcher der Dampf successive in drei oder vier Cylindern (bei sehr großen Maschinen auch Doppelcylindern) expandiert. Auch die Lokomotivmaschinen, bei welchen zumeist andere Rücksichten als die Kohlenersparnis in erster Linie in Betracht kommen, werden in neuerer Zeit bereits als Verbundmaschinen gebaut, wenngleich die Verwendung der Compoundexpansion hier lange noch nicht allgemeinen Eingang gefunden hat.

Die ausgedehnte Anwendung und Ausgestaltung der Verbundexpansion war unbedingt der größte Fortschritt der Dampfmaschine seit Watts Zeit; im übrigen hat sich dieselbe immer mehr und mehr den Spezialbedürfnissen angepaßt, in den Detailkonstruktionen wesentlich vervollkommnet und in thermodynamischer Hinsicht die Errungenschaften der Wärmetheorie tunlichst zu Nutzen gemacht. In rein baulicher Beziehung hat die Dampfmaschine aus den Fortschritten der Erzeugung und Verarbeitung der Rohstoffe und Baumaterialien selbstverständlich den gleichen Nutzen gezogen wie alle übrigen Maschinen.

All diese Momente vereint ermöglichten die allmähliche Steigerung der Dampfspannung auf das acht- bis zehn- und mehrfache der Spannung zur Zeit Watts, sowie die bedeutende Erhöhung der Kolbengeschwindigkeit bis zu 5 m per Sekunde, wodurch nicht nur wesentlich größere Leistungen bei gleicher Maschinengröße, sondern auch eine viel günstigere Ausnützung der Energie des Dampfes erreicht werden konnte.

**Die Lokomotivmaschine.** Die Anwendung der Dampfmaschine für Eisenbahnen, von Trevithick zuerst aufgegriffen, wurde von Georg Stephenson mit Erfolg durchgeführt. Seine erste Lokomotive, „Die Rakete“, übertraf gelegentlich der Probefahrten auf der Stockton- und Darlington-Eisenbahn 1829 die übrigen Konkurrenzmaschinen hinsichtlich der Geschwindigkeit und erledigte dadurch ein für allemal die Frage, ob Pferdekraft oder Dampfkraft für den Betrieb von Eisenbahnen benützt werden soll. Die wichtigsten Neuerungen dieser Maschine bestanden in einer Verbesserung des Blasrohres zur Erzielung lebhafterer Verbrennung, sowie in der Verwendung eines Röhrenkessels (Lokomotivkessels) zur besseren Ausnützung der Verbrennungswärme bei gleichzeitiger Vereinigung einer großen Heizfläche auf einem verhältnismäßig kleinen Raume.

Außerdem ordnete Stephenson die Cylinder, welche bei älteren Maschinen vertikal standen, geneigt an, welche Neigung später noch mehr verringert wurde, und verbesserte die Steuerung durch Anwendung der „Kulisse“, wodurch nicht nur ein rascheres Umsteuern, sondern auch ein präziseres Einstellen der Füllung ermöglicht wurde. In dem Maße als der stetig wachsende Verkehr immer höhere Anforderungen an alle Betriebsmittel der Eisenbahnen, also auch in erster Linie an die Lokomotive stellte, paßte sich diese unter den Händen genialer Konstrukteure den Bedürfnissen vollkommen an und erreichte eine Leistungsfähigkeit bei Geschwindigkeiten, die man seinerzeit für unmöglich hielt. In den Händen von Georg Stephenson und seinem Sohne Robert jedoch nahm die Lokomotive bereits eine Form an, welche in der Wesenheit auch bei den viel schwereren und leistungsfähigeren Lokomotiven der Gegenwart im allgemeinen erhalten blieb.

**Die Schiffsmaschine.** Das erste brauchbare Dampfboot war das Schleppschiff „Charlotte Dundas“, 1802 von William Symington gebaut und in dem Forth- und Clydekanal ausprobiert. Eine Wattsche liegende doppeltwirkende Kondensationsmaschine arbeitete direkt auf die Kurbel der im Stern des Schiffes gelagerten Welle des Schaufelrades. Die Versuche an und für sich waren erfolgreich, aber führten insofern zu keinem Resultate, da man fürchtete, durch diese Schleppmethode die Seitendämme des Kanals zu beschädigen. Zehn Jahre später baute Henry Bell den „Komet“ mit seitlichen Schaufelrädern; dieses Schiff verkehrte als Passagierdampfer auf der Clyde. 1807 kam ein Schiff des Amerikaners Robert Fulton auf dem Hudson in Betrieb mit einer nach seinem Entwurfe von der Firma Boulton & Watt gebauten Maschine und brachte zum ersten Male die Dampfschiffahrt zu kommerziellem Erfolge.

Die Amerikaner begannen sehr bald darnach bei den Flußdampfern hohe Spannungen zu benützen, doch die englischen Ingenieure hüteten sich, eine Praxis zu üben, welche zu häufigen Kesselexplosionen Veranlassung gab; sie waren überhaupt schwer zu überzeugen, daß hohe Dampfspannung eine notwendige Bedingung ökonomischer Arbeit sei. Um das Jahr 1835 benützte man für Schiffskessel gewöhnlich keine höheren Spannungen als 4—5 Pfund pro Quadratzoll Überdruck (ca.  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  Atmosphäre) und erst viele Jahre später waren Spannungen von 20—25 Pfund (ca.  $1\frac{1}{3}$ — $1\frac{3}{4}$  Atmosphären) Überdruck gebräuchlich. Mit der Einführung der Verbundexpansion sowie der Verwendung cylindrischer Kessel an Stelle der ursprünglich benützten Kofferkessel nahm auch die Verwendung höherer Dampfspannungen bedeutend zu. — Sir F. Bramwell giebt in einer Publikation über Schiffsmaschinen vom