

Form ausgebildet, ein unvermeidlicher Teil der Dampfmaschine zu sein. Die Lehre, welche aus Bulls direktwirkender Dampfmaschine gezogen werden konnte, wurde, wie man sieht, von den Maschineningenieuren im allgemeinen lange Zeit hindurch unbeachtet gelassen.

Die **Compoundmaschine**. Das Compoundsystem, welches seit den Versuchen Woolds, dasselbe in den Kohlenbergbauen Cornwalls einzuführen, nahezu brach gelegen, wurde erst gegen Mitte des vorigen Jahrhunderts wieder aufgegriffen und durch das Zusammenwirken verschiedener Faktoren zu endlicher Geltung gebracht.

Es war im Jahre 1845 als Mac Naught auf den Gedanken kam, Balanciermaschinen der Wattschen Originalanordnung dadurch zu verbessern, daß zwischen der Balancierachse und der Kurbelwelle ein kleiner Hochdruckcylinder eingebaut werde, welcher mit Frischdampf von höherer Spannung gespeist, diesen an den eigentlichen oder Niederdruckcylinder abgiebt, in welchem er weiter expandiert. Diese Anordnung eignete sich besonders für ältere Maschinen, deren Leistung den an sie herantretenden Anforderungen nicht mehr zu genügen vermochte, und viele Maschinen, die unter solchen Verhältnissen arbeiteten, wurden in dieser Weise durch Anhängung des zweiten Cylinders verstärkt oder wie man zu jener Zeit sagte „*Mac Naughted*“, und erwiesen sich nach dem Umbau nicht nur leistungsfähiger, sondern auch ökonomischer hinsichtlich des Brennstoffverbrauchs.

Die Verbundform wurde nun von diesem Zeitpunkte an allgemeiner angewendet, so z. B. 1850 für die Pumpenmaschinen des Wasserwerkes in Lambeth und anderer Wasserwerke; im Jahre 1854 begann John Elder in Glasgow das Verbundsystem bei den Schiffsmaschinen einzuführen etc.

Von besonderer Wichtigkeit für die weitere Ausgestaltung des Verbundsystems, namentlich als direktwirkende Kurbelmaschine, war die zuerst von E. A. Cowper 1857 angewendete Einschaltung eines mit Dampfmantel versehenen Übergangreservoirs zwischen dem Hoch- und Niederdruckcylinder (der heutige Receiver), wodurch es unnötig wurde, daß der Niederdruckkolben seinen Hub in dem Momente begann, in dem der Hochdruckkolben seinen Hub beendete. In dem Maße als die mechanischen Schwierigkeiten im Baue von Kessel und Maschine nach und nach überwunden und auch in konstruktiver Beziehung wesentliche Fortschritte erzielt wurden, konnten auch höhere Dampfspannungen ohne Gefahr verwendet, dem Compoundsystem somit ein immer weiterer Spielraum eingeräumt werden; mit der zunehmenden Dampfspannung hielt die zunehmende Verbreitung der Verbundmaschine auch tatsächlich gleichen Schritt und heut-

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.