

Lokomobile und die Steuerung einer Dampfmaschine (Lentz Ventilsteuerung)

Bei der Lanz Dampfmaschine der Oldtimerfreunde Hemhof aus dem Jahr 1914 handelt es sich um eine liegende stationäre Lokomobile/Einzyylindermaschine mit Kohlefeuerung (Halb-Vorfeuerung), Lentz Ventilsteuerung und mit 2 Schwungrädern. Der Begriff Lokomobile wird in der Literatur wie folgt definiert: eine Lokomobile, auch als Portable oder heute manchmal neutral als Lokomobil bezeichnet, ist eine Dampfmaschinenanlage in geschlossener Bauform. Alle zum Betrieb der Anlage erforderlichen Baugruppen (Feuerung, Dampfkessel, Steuerung sowie die gesamte Antriebseinheit, bestehend aus Zylinder(n), Kolben, Kurbelwelle und Schwungrad mit Riemenscheibe) sind auf einer gemeinsamen Plattform montiert.

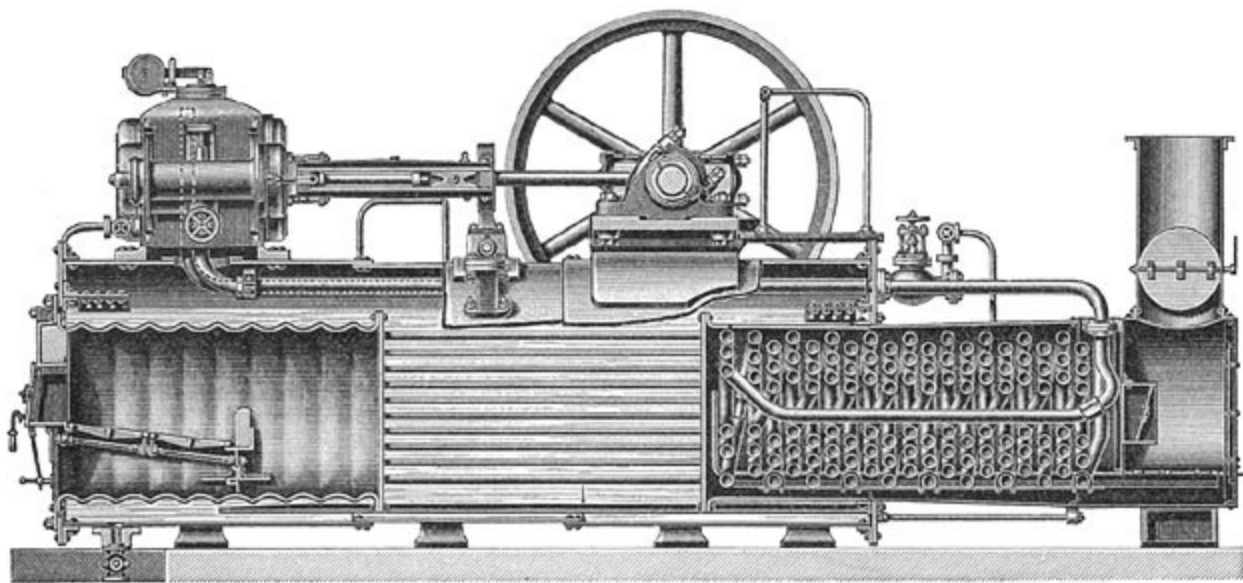
Von besonderer Bedeutung war die Einführung dieser Art der Dampfmaschinen als Energiequelle für landwirtschaftliche Arbeiten. Schon um 1835 hatte man begonnen, die damals noch unvollständige Dreschmaschine wegen ihres hohen Energiebedarfs durch Dampfmaschinen anzutreiben. Von 1850 bis 1855 hatte John Fowler in England das Dampfpflugsystem entwickelt, erst mit einer, später mit zwei Lokomobilen, die einen vier- bis sechsscharigen Kipp- oder Balanzierpflug hin- und zurückzogen. Sein Mitarbeiter Max Eyth hatte den Dampfpflug in den sechziger Jahren zuerst in Ägypten, dann in Nordamerika und im folgenden Jahrzehnt in fast allen europäischen Ländern eingeführt. Diese Lokomobilen konnten ortsbeweglich und ortsfest montiert werden. Die Lanz Lokomobile der Oldtimerfreunde war damals und heute ortsfest montiert. Im Gegensatz zum Automobil sind Lokomobile in ihrer Grundform nicht mobil also nicht selbstfahrend. Der Begriff „mobil“ bedeutet hier, dass die Anlage Räder haben kann und somit zumindest passiv bewegt werden konnte. Damals wurden sie mit Pferden oder Ochsen zu den jeweiligen Einsatzorten gezogen. Der Einsatz der Lokomobile wurde weltweit nicht nur zum Betrieb der Dreschmaschinen, Kornreinigungs-, Häckselmaschinen und der Dampfpflüge, aber auch überall dort benutzt, wo es sich um eine vorübergehende Arbeitsleistung oder eine häufige Ortsveränderung der Maschine handelt, so zum Betrieb von Sägen im Wald, von Ziegel- und Torfpressen, Wasserhebemaschinen für Bewässerungen oder zum Trockenlegen von Baugruben etc. Die Ortsveränderung erfolgt nur bei der Straßenlokomotive durch die eigene Betriebskraft. Die Lokomobile dieser Zeit mussten einfach und leicht zu bedienen sein und nicht zu hohe Anschaffungs- und Betriebskosten beanspruchen. Diese Bedingungen sucht man bei Dampflokomobilen durch Anwendung von Kesseln mit einer im Verhältnis zum Inhalt großen Heizfläche und mit hoher Dampfspannung sowie von Dampfmaschinen mit hoher Leistungsfähigkeit zu erfüllen.

In einschlägigen Foren werden passend zu diesen Ausführungen folgende beiden Längs- und Querschnitte von Lokomobilen aufgeführt. England, das Geburtsland der Lokomobilen, beherrschte lange mit denselben den Welthandel. In Deutschland wurden früher ausschließlich englische Lokomobilen gekauft, bis einige Fabriken (z. B. Wolf in Magdeburg-Buckau, Siegel in Schönebeck a. E., Zimmermann u. Komp. in Halle a. S., Swiderski in Leipzig und eben bei Lanz in

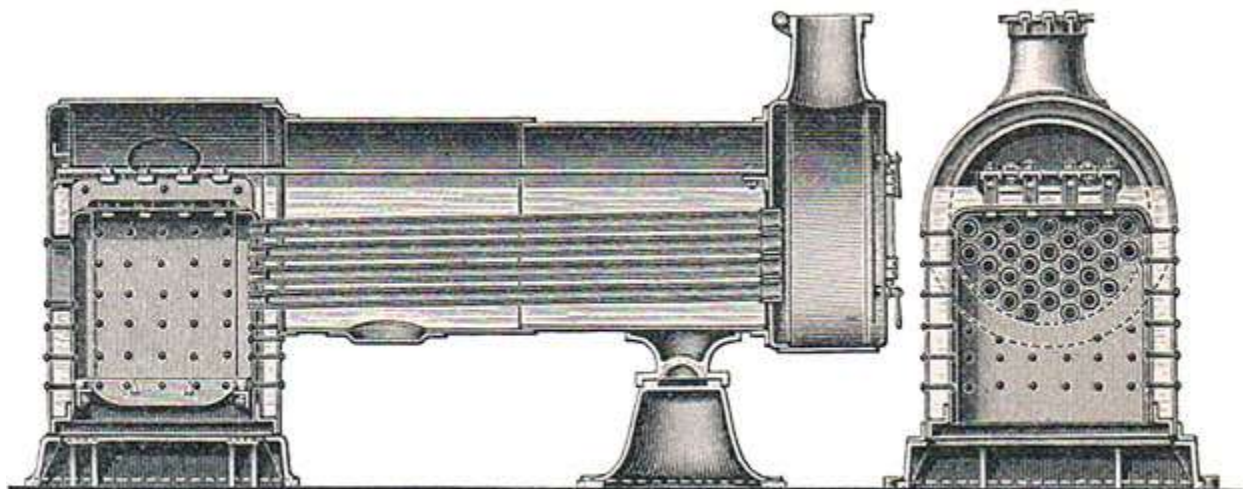
Mannheim u.a.) anfangen, den Lokomobilbau als Spezialität zu betreiben, wodurch die deutsche Lokomobile mit der englischen konkurrenzfähig wurde.

Interessant in diesem Zusammenhang ist folgende Erhebung welche Lokomobile 1904 in Preußen im Betrieb waren (also 10 Jahre bevor die Lokomobile der Oldtimerfreunde in Mannheim das konstruktive Licht der Welt erblickte):

	Lokomobile	Mit bewegl. Kessel	PS, install. Leistung
Landwirtschaft	16.470	11	194.049
Andere Betriebe	6.543	711	102.625
Zusammen	23.013	722	296.674



8. Heißdampf-Verbundlokomobile von R. Wolf, Längsschnitt

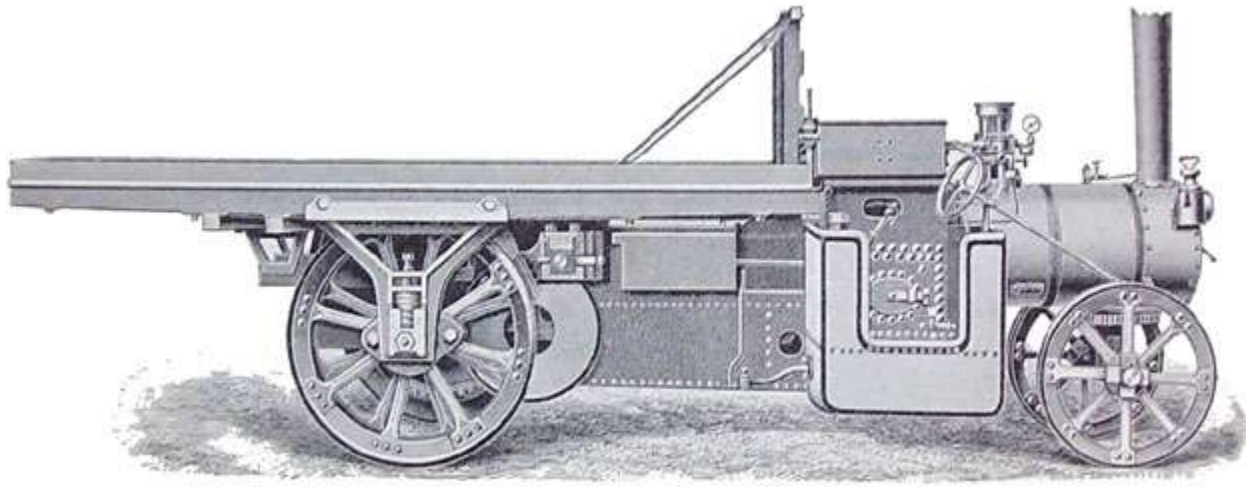


2. Längsschnitt

3. Querschnitt

2. u. 3. Längs- und Querschnitt eines halblokomobilen Kessels von H. Lanz

In der weiteren Entwicklung der Dampfmaschine gab es jedoch später eine ganze Reihe verschiedener selbstfahrender Lokomobilen, beispielsweise Dampfstraßenwalzen, Dampfrollwagen, Dampfplüge, Dampftraktoren sowie kleinere Dampfboote.



14. Fowler Dampfrollwagen, System Mann

Wir werden nun nachfolgend versuchen das Thema der Steuerung einer Dampfmaschine aus dem Blickwinkel der Lokomobile aufzuzeigen, wobei die heute (leicht) verfügbare Literatur sich eher auf die Steuerungsbauarten der Dampfmaschinen von Dampflokomotiven bezieht. Bei den stationären Maschinen sind zum Teil abweichende Baugrundsätze verwirklicht worden. Grundsätzlich unterschieden wird hier nach einer inneren und einer äußeren Steuerung. Wir legen diesen Ausführungen das nachfolgende Inhaltsverzeichnis zu Grunde:

1. Allgemeiner Aufbau, Vorbemerkung
2. Innere Steuerung
 - 2.1 Flachschieber
 - 2.2 Rundschieber
 - 2.3 Ventilsteuerung
 - 2.3.1 Besonderheiten der Ventilsteuerung
 - 2.3.2 Lentz-Steuerung
 - 2.3.2.1 Lentz-Steuerung mit stehenden Ventilen und Ventilbetätigung über Nockenstangen
 - 2.3.2.2 Lentz-Steuerung mit schwingender zentrischer Nockenwelle
 - 2.3.2.3 Lentz-Steuerung mit exzentrisch schwingender Nockenwelle
3. Äußere Steuerung
4. Steuerungsbauarten

Zu 1. Allgemeiner Aufbau, Vorbemerkung

Die Dampfmaschinensteuerung, auch kurz Steuerung genannt, ist der Teil einer Kolbendampfmaschine, der das Einströmen des Dampfes in den und das Ausströmen aus dem Zylinder steuert. Durch den mittels Schieber oder Ventil vermittelten Wechsel zwischen Ein- und Ausströmen kann der Dampf im Dampfzylinder Arbeit verrichten und den Kolben hin und her bewegen. Die Steuerung beeinflusst den Lauf und die Bewegungsrichtung der Dampfmaschine durch Öffnen oder Schließen der Schieber. Über das Verstellen der Ventile oder den Überdeckungsgrad der Schieber kann der Fahrer der Maschine die Füllung der Zylinder und die Expansion des Dampfes im Zylinder beeinflussen und so in einem gewissen Grad Leistung und Geschwindigkeit der Dampfmaschine sowie die Wirtschaftlichkeit ihrer Arbeitsweise bestimmen.

Konstruktives Ziel einer Dampfmaschinensteuerung sind außer der Grundfunktion im Interesse eines niedrigen Dampfverbrauches ein schnelles Öffnen und Schließen der Dampfkanäle zum Zylinder, geringe Dampfgeschwindigkeiten und Strömungswiderstände, keine schädlichen Räume sowie niedrige Wärmeverluste des Dampfes bei Durchströmung der inneren Steuerung.

Zu 2. Innere Steuerung

Unter innerer Steuerung versteht man diejenigen Bauteile, die unmittelbar mit dem Dampf in Berührung kommen und seine Ein- und Ausströmung in den bzw. aus dem Zylinder beeinflussen.

Zentrales Bauteil der inneren Steuerung ist häufig ein Schieber. Dieser kann als Flachschieber (Muschelschieber) oder als Rundschieber (Kolbenschieber) ausgeführt sein. Der Schieber wird vom dampfdichten Schieberkasten umgeben, der sich zu Wartungs- und Reparaturzwecken öffnen lässt. Am Schieberkasten sind teilweise Zusatzventile angeflanscht, die zur Inbetriebnahme der Dampfmaschine und ihrem möglichst widerstandsarmen Leerlauf (Druckausgleicher) erforderlich sein können.

Anstelle von Schiebern können aber auch Ventile zum Einsatz gelangen. Finde dazu mehr im nachfolgenden Abschnitt

Zu 2.1. Flachschieber

Der Flachschieber liegt auf einer ebenen Fläche, dem Schieberspiegel auf, in die schlitzförmige Kanäle eingearbeitet sind, durch die der Dampf in den Zylinder und aus diesem wieder zurück gelangt. Die Kanäle werden durch die Schieberbewegung abwechselnd mit der Dampfzufuhr und dem Auspuff verbunden. Der Druck des Frischdampfes lastet von oben auf dem Schieber und drückt diesen dichtend auf den Schieberspiegel. Er kann dadurch nur mit erheblichem Kraftaufwand bewegt werden, was ein wesentlicher Nachteil des Flachschiebers ist.

Andererseits liegt er jedoch, vom auf ihm lastenden Druck abgesehen, lose auf dem Schieberspiegel auf und kann sich von der Fläche abheben und so eventuelles Kondenswasser

aus dem Zylinder auch bei an sich abgeschlossenen Kanälen ablassen. Letzteres ist ein großer Vorteil des Flachschiebers, da dadurch Schäden an der Dampfmaschine durch Wasserschläge verhindert werden können.

Zu 2.2. Rund- oder auch Kolbenschieber

Bei dem Rund- oder auch Kolbenschieber handelt es sich um die zylindrische Ausführung eines Schiebers. Anstelle der ebenen Fläche des Schieberspiegels tritt hier die Wandung der zylindrischen Schieberbuchse, die von den Dampfkanälen durchbrochen ist. Der eigentliche Schieber besteht aus zwei Kolbenkörpern, die je nach Bauart auf einer gemeinsamen Schieberstange fest oder "fliegend" angeordnet sind. Da der Dampfdruck die Schieberkörper nicht wie beim Flachschieber einseitig-flächig beaufschlagt, sondern auf beide Außenflächen wirkt, lassen sich Kolbenschieber ohne großen Kraftaufwand und unabhängig vom Dampfdruck relativ frei bewegen. Kolbenschiebersysteme können allerdings bei einem Wasserschlag die abgeschlossenen Dampfkanäle nicht wie Flachschieber durch "Abheben" freigeben und müssen deshalb mit zusätzlichen Armaturen wie Zylindersicherheitsventilen oder Bruchplatten versehen werden.

Der Kolbenschieber ist bei europäischen Dampflokomotiven die meistverbreitete Bauform der inneren Steuerung und in etlichen Bauarten anzutreffen. Man unterscheidet feste Regelkolbenschieber, bei denen der Druckausgleich für den Leerlauf der Dampfmaschine durch externe Ventile ermöglicht wird, von kombinierten Druckausgleich-Kolbenschiebern. Die davon bekanntesten Bauarten sind der Karl-Schultz-Schieber (Nicolai-Kolbenschieber), der Müller-Schieber und der Trofimoff-Schieber.

Zu 2.3. Ventilsteuerung

Zu 2.3.1. Besonderheiten der Ventilsteuerung

Anstelle der relativ schweren Flach- bzw. Rundschieber können zur Regelung des Dampfeintrittes und -auslasses auch kleinere und leichtere Ventile verwendet werden, ähnlich denjenigen, die in Verbrennungsmotoren zum Einsatz kommen. Bekannt sind insbesondere die Lenz-Steuerung sowie die Caprotti-Steuerung. Die Ventilbetätigung kann sowohl über sich hin und her bewegend Nockenstangen als auch über zentrisch bzw. exzentrisch schwingende oder aber auch rotierende Nockenwellen erfolgen.

Während leichte Tellerventile gegen den Dampfdruck öffnen müssen, sind Doppelsitzventile (Rohrventile) und Kolbenventile druckentlastet. Ventile bieten gegenüber Schiebersteuerungen den Vorteil großer Ein- und Auslassquerschnitte, kleiner schädlicher Räume und geringerer Drosselung. Sie sind daher für Schnellläufer geeignet[1].

Zu 2.3.2. Lenz-Steuerung

Die Lenz-Steuerung ist benannt nach ihrem Entwickler, dem Ingenieur Hugo Lenz.

Zu 2.3.2.1 Lentz-Steuerung mit stehenden Ventilen und Ventilbetätigung über Nockenstangen

Bei dem gängigsten Lentz-Ventilsteuerungssystem befinden sich oberhalb des Dampfzylinders vier in Reihe stehende Ventile. Die beiden äußeren Ventile dienen dem Dampfaustritt, die beiden inneren Ventile dem Dampfeinlass. Die Ventile sind als Doppelsitzventile aus Flusstahl gefertigt. Auf den hohlgebohrten Ventilschaft aufgeschraubt ist der Ventilbetätigungskopf. Durch diesen radial hindurchgeführt ist die Nockenstange mit den die Ventile betätigenden Hubkurven; der federdruckbelastete Ventilkopf wälzt sich über glashart gehärtete Rollen auf der hin und her gehenden Nockenstange ab. Die Bewegung der Nockenstange parallel zum Kolben wird von einer gewöhnlichen Dampflokomotivsteuerung nach Heusinger erzeugt, allerdings mit vergrößertem Hub im Interesse raschen Öffnens;[2] die Steuerung ist daher auch wie eine gewöhnliche Schiebersteuerung zu handhaben.

Aufgrund der federdruckbelasteten Ventile bedarf es zum Schutz des Zylinders gegen Wasserschlag keiner Sondereinrichtungen. Ferner kann durch eine Sondereinrichtung, bei der mittels Druckluft oder Dampf der Ventilspindelkopf von der Nockenstange abgehoben werden kann und so eine dauerhafte Ventilöffnung möglich ist, ein besonders leichter Leerlauf der Lokomotive erreicht werden.[3] Als Vorteil gegenüber der Kolbenschiebersteuerung wurde auch angesehen, dass sich der Ventilsitz ohne aufwendige Werkzeugmaschinen nachschleifen lässt und die zu Undichtigkeiten neigenden Stopfbuchsen der Kolbenschieber entfielen.[4]

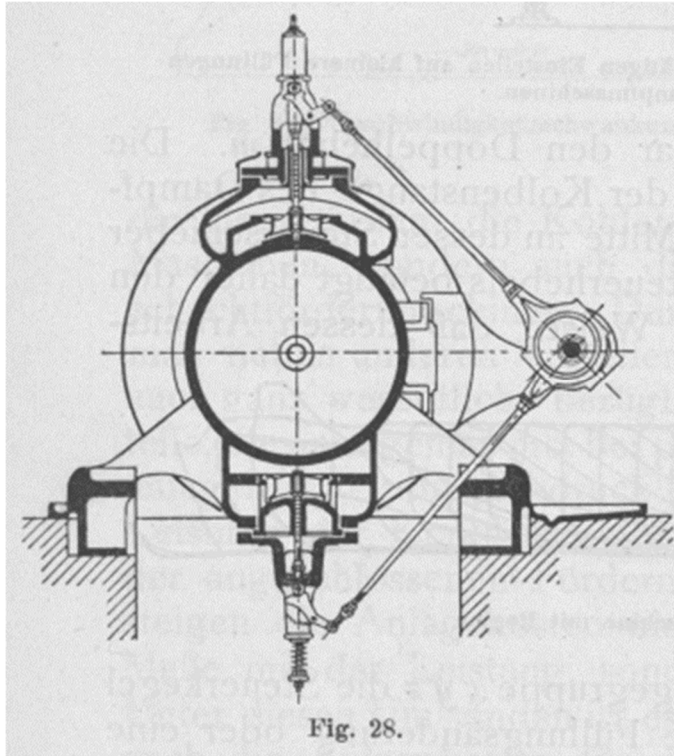
Zu 2.3.2.2 Lentz-Steuerung mit schwingender zentrischer Nockenwelle

Bei dieser Ausführungsart der Lentz-Ventilsteuerung werden die Ventile nicht durch eine Nockenstange, sondern eine achsparallel liegende, vertikal oszillierende (also nicht ständig gleichsinnig drehende) Nockenwelle betätigt. Die Ventile sind hierbei auf dem Dampfzylinder liegend angeordnet. Die Nockenwelle wird von der Treibachse aus über Stangen und eine Gegenkurbel angetrieben.

Die Lentz-Steuerung mit schwingender zentrischer Nockenwelle fand zunächst im stationären Dampfmaschinenbau, sodann aber auch bei Heißdampf-Verbund-Lokomobilen der Firma Lanz Verwendung. Ein erster Einsatz im Lokbau erfolgte in Italien 1906. Als Vorteil dieser Bauart galt insbesondere die einfachere Fertigung rotierender Bauteile.

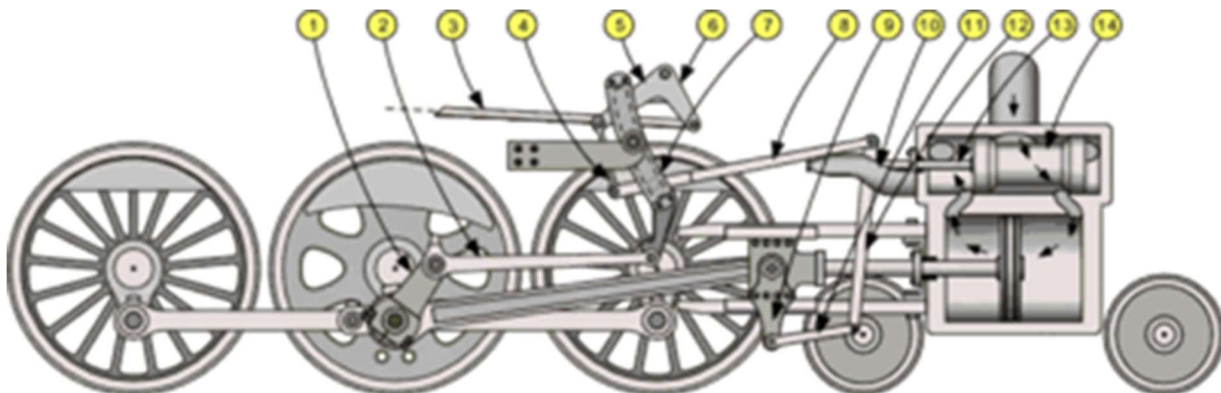
Zu 2.3.2.3 Lentz-Steuerung mit exzentrisch schwingender Nockenwelle

Im Gegensatz zur vorgenannten Nockenwellen-Bauart der Lentz-Ventilsteuerung schneiden sich bei dieser Ventilspindelachse und Nockenwellenachse nicht, sondern gehen in einer gewissen Entfernung, also exzentrisch, aneinander vorbei.



Zu 3. Äußere Steuerung

Als äußere Steuerung bezeichnet man alle mechanischen Antriebsorgane wie Hebel, Kurbeln, Exzenter oder andere Übertragungselemente, die die Bauteile der inneren Steuerung bewegen. Die Ansteuerung wird dabei direkt von der Bewegung des zu steuernden Dampfmaschinenkolbens abgeleitet. Durch veränderliche Hebelübersetzungen können der Hub des Schiebers und somit der Füllungsgrad und sogar die Drehrichtung der Dampfmaschine verändert werden. Dabei spricht man dann von einer Kulissensteuerung. Ventilsteuerungen werden durch verstell- oder verschiebbare Nocken oder Nockenwellen reguliert.



Komponenten einer Heusinger- oder Walschaerts-Steuerung:

1 - Gegenkurbel, 2 - Schwingenstange, 3 - Steuerstange, 4 - Hängeeisen, 5 - Aufwerfhebel, 6 - Steuerstangenhebel, 7 - Schwinde, 8 - Schieberschubstange, 9 - Lenkeransatz am Kreuzkopf, 10 - Kreuzkopf, 11 - Pleuellstange, 12 - Pleuellbolzen, 13 - Pleuellbolzen, 14 - Pleuellbolzen

- Schieberstangenführung, 11 - Lenkerstange, 12 - Voreilhebel, 13 - Schieberstange, 14 - Kolbenschieber

Bevor umstellbare und regelbare Steuerungen entwickelt wurden, konnte die Dampflokomotive nur mit dem Dampfregler gesteuert werden; für die Umkehr der Fahrtrichtung mussten Teile des Triebwerks in aufwendiger „Handarbeit“ umgestellt werden, wie aus der Beschreibung der von Robert Stephenson 1831 gebauten Lokomotive John Bull ersichtlich wird.

Zu 4. Steuerungsbauarten

Da der prinzipielle Aufbau der äußeren Steuerung unabhängig von der inneren Steuerung ist, werden Steuerungsbauarten nach dem Aufbau der äußeren Steuerung benannt und wie bereits geschrieben entfallen diese bei den stationären Lokomobilen

Einige Bauarten von Dampfsteuerungen sind:

- Stephenson-Steuerung von Robert Stephenson (Großbritannien, erste Hälfte des 19. Jahrhunderts)
- Hackworth-Steuerung von Timothy Hackworth (Großbritannien, erste Hälfte des 19. Jahrhunderts)
- Steuerung von William T. James an einer Lokomotive der Baltimore and Ohio Railroad, (USA, 1832)
- Gooch-Steuerung von Daniel Gooch (Großbritannien, 1843)
- Allan- oder Tricksteuerung, von Josef Trick (Deutschland, Mitte des 19. Jahrhunderts)
- Heusinger-Steuerung (engl. 'Walschaerts gear') von Egide Walschaerts (Belgien, 1844) bzw. Edmund Heusinger von Waldegg (Deutschland, 1849): siehe Schaubild auf der vorangehenden Seite
- Joysteuerung von David Joy (Großbritannien, 1879)
- Gölsdorf'sche Winkelhebelsteuerung (Österreich, Ende des 19. Jahrhunderts)
- Baker-Steuerung (USA, 1903)
- Caprotti-Ventilsteuerung von Arturo Caprotti (Antrieb über rotierende Wellen, Italien, 1921)
- Gresley-Steuerung von Nigel Gresley (Großbritannien, erste Hälfte des 20. Jahrhunderts)
- O&K-Patentsteuerung (Deutschland, erste Hälfte des 20. Jahrhunderts)