

während sich die linke Zunge (zunächst noch ohne Drehung von 1) der Backenschiene nähert. Dann folgt die gleichzeitige Bewegung beider Zungen bis zur vollen Öffnung der rechtsseitigen und dem festen Anliegen der linksseitigen und schließlich die Verriegelung der linken Zunge, indem der Haken 1, sobald er an dem Verschlößstück 5 vorbeigeglitten ist, sich dann um 3 dreht und um 5 herumgreift. Beim *Aufschneiden*, d. h. Ausfahrt aus der Weiche ohne vorherige richtige Einstellung, wird zuerst die nicht anliegende Zunge von den Rädern näher an die Schiene herangedrückt; dadurch erfolgt die Entriegelung der anderen verschlossenen Zunge und somit die Ermöglichung des Durchganges der zwischen Zunge und Schiene tretenden Spurkränze der Räder.

In neuester Zeit wird zur Übertragung der Bewegung vom Stellwerk zu den Weichen und Signalen auch elektrische Kraft verwendet, und zwar entweder direkt, indem die Bewegung der Weichenzungen durch kleine, neben den Spitzen liegende elektrische Motoren erfolgt; oder indirekt, indem die Elektrizität nur zur Steuerung dient, um eine andere die Weichenbewegung bewirkende Kraft, z. B. Druckluft, auszulösen, die in kleinen Windkesseln neben den Spitzen aufgespeichert sein kann und sich durch eine Luftleitung ersetzt. In diesem Falle kann der aufzuwendende Stromverbrauch sehr gering und die elektrische Einrichtung verhältnismäßig einfach sein. Bei direkter elektrischer Umstellung fällt zwar die Luftdruckleitung fort, aber der Stromverbrauch wird größer, dagegen die Wirkung schneller. In beiden Fällen läßt sich die vom Stellwärter aufzuwendende Kraft und die Abmessung der Stellhebel ganz klein gestalten, demnach eine große Zahl von Hebeln auf kleinen Raum zusammendrängen und die Anzahl der zu ihrer Bedienung nötigen Beamten vermindern.

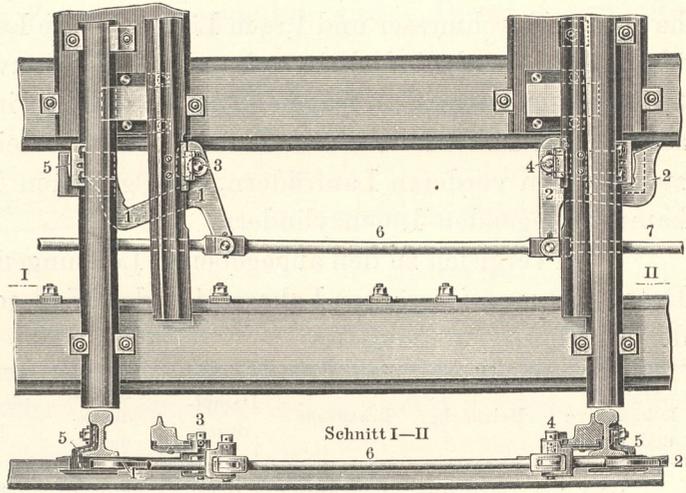


Fig. 1014. Zungenvorrichtung mit Hakenweichenschloß.

D. Eisenbahnfahrzeuge.

I. Lokomotiven.

1. Einleitung.

Als erster Erbauer einer auf Schienen laufenden Lokomotive muß der Engländer Trevithik gelten; er konstruierte 1804 einen zweiachsigen Dampfwagen, der auf gußeisernen Schienen lief. Der Antrieb erfolgte von einer Schwungradwelle durch Zahnräder, welche die Lokomotivräder in Umdrehung versetzten. Die Räder waren auf der Lauffläche glatt; neben die eisernen Schienen war jedoch noch eine Holzbahn verlegt, in die sich die Köpfe von Nägeln eindrückten, die am Umfang der Räder befestigt waren. Man hielt nämlich die Reibung der Räder auf den Schienen nicht für ausreichend, um eine Fortbewegung des Fahrzeuges zu bewirken oder gar noch angehängte Wagen hinter sich her zu ziehen. Erst den Engländern Blackett und Hedley gelang es nachzuweisen, daß bei genügender Belastung die Reibung zwischen eisernen Rädern und Schienen völlig ausreicht, um eine Fortbewegung des Fahrzeuges zu ermöglichen. Hedley baute 1813 eine zweiachsige Lokomotive, deren Räder von zwei stehenden Dampfzylindern angetrieben wurden, allerdings noch mit Hilfe von Zahnrädern. Die Erkenntnis, daß die Beförderung von größeren Lasten auf eisernen Schienen viel besser und leichter möglich ist als auf dem gewöhnlichen Landstraßenpflaster, förderte den Bau von Eisenbahnen in England sehr. Man wählte zunächst Pferdebetrieb, doch wurden schon einige Bahnen frühzeitig mit Dampflokomotiven betrieben. In diese Zeit fällt das Wirken von George Stephenson, dem es gelang, eine wirklich brauchbare Lokomotive

zu bauen, indem er geschickt verstand, die Vorteile der bereits vorhandenen Maschinen zu vereinen. Im Jahre 1814 setzte er auf der Killingworthbahn seine erste Lokomotive in Betrieb, deren Achsen noch durch Zahnräder gekuppelt waren. Bald erkannte er jedoch die Unzweckmäßigkeit dieses Antriebes und verwendete bei den nächsten Bauarten Kettenantrieb und später die noch jetzt übliche Verbindung der Triebachsen und Kuppelachsen durch Stangen. Stephenson's berühmte Lokomotive Rocket (1829) hatte zwei, oben zu beiden Seiten der Feuerung schräg liegende Zylinder, die mit (um 90° versetzten) Kurbeln die beiden 1,43 m großen Räder der einzigen Triebachse bewegten. Die Lokomotive hatte neben dem Blasrohr einen zweiten, für die Dampfentwicklung noch wichtigeren Teil: 25 den Kessel durchziehende Siederohre. Der Rocket wog 4,5 Tonnen, der Tender etwas über 3 Tonnen; die Heizfläche betrug in der Feuerbüchse 1,86, in den Siederohren 10,9, die Rostfläche 0,56 qm, der Dampfdruck kaum über 3 Atmosphären. Der Kessel hatte 1 m Durchmesser und 1,83 m Länge. Diese Lokomotive erreichte mit 12,5 Tonnen Zuggewicht über 21 km Geschwindigkeit, mit nur zwei Güterwagen (9 Tonnen) aber 38 km, und mit einem 30 Menschen tragenden Wagen sogar über 40, ja im Leerlauf etwa 47 km in 1 Stunde. Stephenson's neunte Lokomotive, der „Planet“, zeigte bereits ganz die Grundform der heutigen Bauart mit zwei kleinen vorderen Laufrädern, zwei größeren Treibrädern, zwei wagerecht unter der Rauchkammer liegenden Innenzylindern.

Im Vergleich zu den angegebenen Leistungen und Abmessungen des Rocket seien hier einige Daten der zurzeit größten Lokomotive der Welt gegeben, einer amerikanischen Malletlokomotive der Southern Pacific-Bahn.

Gewicht Lokomotive und Tender	Heizfläche	Rostfläche	Dampfdruck	Kesseldurchmesser	Siederohrlänge	Anzahl der Siederohre	Zylinderdurchmesser	Hub	Anzahl der Achsen der Lokomotive
7,8 t	12,76 qm	0,56 qm	3 at	1,016 m	1,83 m	25	203 mm	419 mm	2
272 t	655 -	6,35 -	14 -	2,134 -	6,401 -	404	2×660/1016 -	762 -	10

Der Antrieb der modernen Lokomotiven erfolgt in den weitaus meisten Fällen durch Dampf. Über elektrische Lokomotiven siehe Abteilung Elektrotechnik II, S. 224. Neuerdings werden Versuche angestellt, direkt auf die Achsen der Lokomotive wirkende Verbrennungsmaschinen zum Antrieb zu verwenden; solche Versuche versprechen besonders in Ländern Erfolg, wo billige Rohöle zu haben sind, wie z. B. in Rußland.

Man unterscheidet bei einer Dampflokomotive drei Hauptteile, den *Dampfkessel* mit Feuerung und Armaturen, die *Dampfzylinder* mit Steuerung und Triebwerk, und den *Rahmen* mit Achsen, Rädern, Achslagern und Federn.

Die zur Dampferzeugung nötigen Vorräte an Kohle und Wasser können auf der Lokomotive selbst mitgeführt werden, oder man verbindet mit ihr einen besonderen Wagen, den *Tender*, der die Vorräte aufnimmt. Man unterscheidet demnach *Tenderlokomotiven* und Lokomotiven mit *Schlepptender*. Da die mitzuführenden Vorräte bei Lokomotiven, die längere Strecken zu durchlaufen haben, ganz beträchtlich sind (bis 8000 kg Kohle und 31 cbm Wasser), so werden im allgemeinen nur kleinere Lokomotiven, solche für den Verschiebedienst auf Bahnhöfen oder für Stadt- und Vorortverkehr, ferner Lokomotiven für Nebenbahnen als Tenderlokomotiven gebaut.

Hinsichtlich des Verwendungszweckes unterscheidet man *Personenzug-* und *Schnellzuglokomotiven* und *Güterzuglokomotiven*. Daneben gibt es noch Lokomotiven für den Verschiebedienst auf Bahnhöfen (*Rangierlokomotiven*), Zahnradlokomotiven, Straßenbahnlokomotiven usw.

Bezüglich der Bauart werden die Lokomotiven eingeteilt nach der Zahl der Achsen, der Anordnung, Zahl, Wirkungsweise und Lage der Zylinder. Man spricht daher z. B. von einer vierachsigen Zwillingslokomotive mit Außenzylindern oder einer fünfachsigem Vierzylinderverbundlokomotive usw.

Zur Beförderung eines Zuges muß die Lokomotive eine bestimmte Zugkraft ausüben, die genau gleich ist dem Widerstande der angehängten Wagen und dem Eigenwiderstand der

Lokomotive. Der Gesamtwiderstand ist abhängig von der Geschwindigkeit des Zuges, den Steigungs- und Krümmungsverhältnissen auf der Strecke, der Bauart der Fahrzeuge sowie der herrschenden Witterung. Diesen stark schwankenden Verhältnissen muß die Leistung der Lokomotive angepaßt werden können. Die *Zugkraft* einer Lokomotive entsteht dadurch, daß von der Dampfmaschine die Triebräder in Umdrehung versetzt werden. Ist die Reibung zwischen diesen und der Schiene größer als die Zugkraft, d. h. als der Widerstand des Zuges, so fangen die Räder an, auf den Schienen zu rollen, und der Zug setzt sich in Bewegung; ist sie dagegen kleiner als die Zugkraft, so drehen sich die Räder auf der Stelle, die Lokomotive fängt an zu „schleudern“. Man spricht bei einer Lokomotive von dem *Reibungsgewicht*, das ist der Druck der durch Kuppelstangen mit der Triebachse verbundenen Kuppelachsen auf die Schienen. Je größer das Reibungsgewicht einer Lokomotive ist, desto größer wird auch die von ihr geleistete Zugkraft sein, da immer ein bestimmter Teil des Reibungsgewichtes für die Zugkraft ausgenutzt wird. Dieser sogenannte

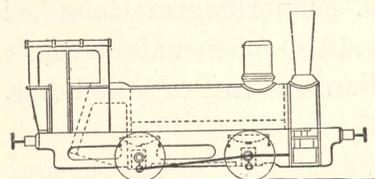


Fig. 1015. Tenderlokomotive.

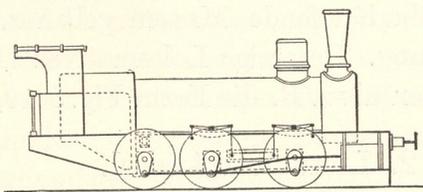


Fig. 1016. Güterzuglokomotive.

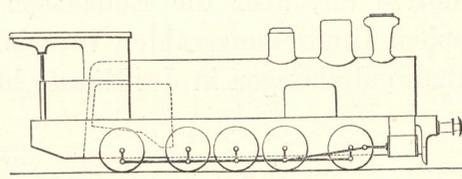


Fig. 1017. Güterzuglokomotive für große Steigungen.

Reibungskoeffizient beträgt je nach dem Zustand der Schienen etwa $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{7}$, er kann bei feuchten, schmutzigen Schienen bis auf $\frac{1}{10}$ heruntergehen; durch Besanden der Schienen (beim Anfahren und Bremsen) kann die Reibung zwischen Rad und Schiene bis etwa $\frac{1}{4}$ erhöht werden. Beträgt das Reibungsgewicht einer Lokomotive z. B. 32000 kg, und nimmt man den Reibungskoeffizienten zu $\frac{1}{5}$ an, so kann eine Zugkraft von $\frac{32000}{5} = 6400$ kg ausgeübt werden.

Da Güterzüge für gewöhnlich schwerer sind als Personenzüge, so erfordern sie auch größere Zugkräfte. Man baut daher die Güterzuglokomotiven so, daß das ganze Lokomotivgewicht als Reibungsgewicht ausgenutzt wird, d. h. man kuppelt möglichst alle Achsen miteinander. Bei Personen- und Schnellzuglokomotiven kommt man mit weniger Kuppelachsen aus, da die erforderlichen Zugkräfte nicht so erheblich sind; zum

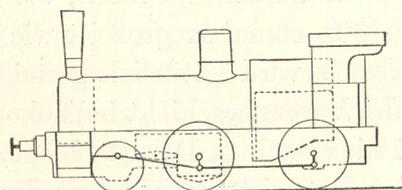


Fig. 1018. Personenzuglokomotive.

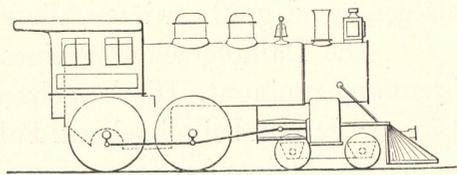


Fig. 1019. Amerikanische Personen- und Schnellzuglokomotive.

Tragen des Kessels werden dann noch sogenannte Laufachsen herangezogen, die sich also nicht zwangsläufig mit den Kuppelachsen drehen und auch meist kleinere Räder haben.

Der Druck der einzelnen Achsen auf die Schienen ist durch Vorschriften begrenzt. In Deutschland sind 16000 kg, in England bis 19000 kg, in Amerika sogar bis 25000 kg zulässig. Die Anordnung von Lauf- und Kuppelachsen bei einer Lokomotive läßt demnach auf den Verwendungszweck schließen. Zur Kennzeichnung drückt man erstere durch Ziffern, letztere durch Buchstaben aus. Man fängt dabei vom Schornstein, also von vorn, an zu zählen. Es ist z. B. Fig. 1015 eine B-Lokomotive für Nebenbahnen, Fig. 1016 eine C-Lokomotive für Güterzüge, Fig. 1017 eine E-Lokomotive für große Steigungen, Fig. 1018 eine 1—B-Personenzuglokomotive und Fig. 1019 eine 2—B-Schnellzuglokomotive. Andere Kuppelungsarten sind in der folgenden Tabelle enthalten.

→ vorn		
○○○○	2—A—1	} Personenzug- und Schnellzuglokomotiven
○○	B	
○○○	1—B	
○○○○	2—B	
○○○○○	2—B—1	
○○○○○	2—B—2	

→ vorn		
○○○	C	} Güterzuglokomotiven
○○○○○	1—C	
○○○○○	1—D	
○○○○○○○	E—1	

Zur Erzielung der obengenannten Zugkräfte ist nötig, daß der Kessel der Lokomotive den nötigen Dampf hergibt, und daß die Dampfzylinder derartig groß sind, daß sie den erforderlichen Dampf wirtschaftlich verarbeiten können; auch muß der Triebraddurchmesser und der Kolbenhub im richtigen Verhältnis zum Zylinderdurchmesser stehen. Bezeichnet man die Zugkraft einer Lokomotive mit Z , die Geschwindigkeit in Kilometern in der Stunde mit V , so ist die Leistung N der Lokomotive in Pferdestärken ausgedrückt $N = \frac{Z \cdot V}{270}$. Man sieht daraus, daß eine Lokomotive dieselbe Leistung geben kann bei einem kleinen Werte von Z und großem V oder bei einem großen Werte von Z und kleinem V . Das erstere wird zutreffen bei Personen- und Schnellzügen, das letztere bei Güterzügen. Um die zulässigen höchsten Umdrehungszahlen der Triebräder der Lokomotiven möglichst gleichzumachen, erhalten die Güterzuglokomotiven kleine Triebräder (1200—1300 mm), während die Schnellzuglokomotiven größere Räder bekommen (bis 2200 mm). Die höchsten zulässigen Umdrehungszahlen der Triebräder hängen von der Bauart der Lokomotive ab; über die Endachsen überhängende Massen geben z. B. zu unruhigem Gang bei hohen Umdrehungszahlen Veranlassung. Derartige Lokomotiven (Fig. 1016) müssen also weniger Radumdrehungen in der Minute haben als z. B. die Form Fig. 1019, die vorn ein Drehgestell hat.

2. Lokomotivkessel.

Die Arbeit, die eine Lokomotive dauernd zu leisten imstande ist, hängt in erster Linie von der Größe der Rostfläche und Heizfläche des Kessels ab. Die *Rostfläche* muß, um die nötige Wärme und damit eine bestimmte Arbeit zu erzeugen, dem Brennmaterial angepaßt werden; es muß also z. B. ein Rost, auf dem Holz oder Braunkohle verbrannt werden soll, größer sein als einer, der zur Verbrennung von Steinkohlen oder Koks dienen soll. Im allgemeinen kann man annehmen, daß bei einer Verbrennung von 450—550 kg guter Steinkohle stündlich auf 1 qm Rostfläche bei Zwillingslokomotiven 300 PS, bei Zweizylinder-Verbundlokomotiven 330 PS, bei Vierzylinder-Verbundlokomotiven 360 PS und bei Heißdampflokomotiven 480 PS (bei bester Dampfausnutzung) erzielt werden können. Vorausgesetzt ist hierbei, daß eine richtig bemessene *Heizfläche* die auf dem Rost erzeugte Wärme aufnehmen kann; als solche hat sich eine Heizfläche als genügend groß erwiesen, die etwa 50—60mal so groß ist wie die Rostfläche.

Die Dampferzeugung eines Kessels wird natürlich gesteigert in dem Maße, wie die Verbrennung zunimmt. Die Anfachung des Feuers geschieht bei Lokomotiven durch den auspuffenden Dampf; da nun bei schnellerer Fahrt die einzelnen Dampfschläge, d. h. die Auspuffe der Zylinder, schneller aufeinander folgen, so steigt die Leistungsfähigkeit des Lokomotivkessels bis zu einem gewissen Grade mit der Geschwindigkeit.

Alle Teile der Lokomotive müssen bei größter Leistung mit kleinstem Gewicht konstruiert werden; Lokomotiven, die 1800 PS und mehr leisten, dürfen infolge des für den Bau gültigen Normalprofils (Umgrenzung des lichten Raumes, durch den sämtliche Eisenbahnfahrzeuge hindurchgehen müssen) nur einen derartig kleinen Raum einnehmen, wie er bei feststehenden Dampfmaschinenanlagen nicht einmal für die Dampfmaschine allein ausreichend wäre. Ganz besonders erschwerend ist die Raumbeschränkung für den Bau des Lokomotivkessels. Die immer größer werdenden Leistungen neuerzeitiger Lokomotiven erfordern Kessel, die bei feststehenden Dampfanlagen große Kesselhäuser füllen würden.

Die am meisten gebräuchliche Form eines Lokomotivkessels ist die, wie sie der erste Erbauer einer wirklich brauchbaren Lokomotive, Stephenson, angegeben hat. Der eigentliche Feuerraum (*Feuerbüchse* oder *Feuerkiste*) hat die Gestalt eines prismatischen Kastens, dessen untere Fläche von dem Rost gebildet wird. Die fünf anderen Wände werden allseitig vom Wasser umspült und bilden die *direkte Heizfläche*. Unter dem Rost befindet sich der mit abschließbaren Klappen versehene *Aschkasten*, der ein Herabfallen glühender Kohlen- und Aschenteilchen verhindert. Mit Hilfe dieser Aschkappen kann der Führer die Verbrennung und damit die Dampferzeugung insofern regeln, als durch ihr Öffnen bzw. Schließen eine Veränderung des Luftzutritts zum Rost bewirkt, also mehr oder weniger Kohle verbrannt wird. Die innere

Feuerbüchse ist in einem Abstand von etwa 70 mm von der äußeren Feuerbüchse (*Feuerbüchsmantel*) umgeben. Beide Teile sind unten durch einen schmiedeeisernen Ring, den *Bodenring*, mittels Niete verbunden. Zur Beschickung des Rostes mit Brennstoff geht durch beide Feuerkistenwände hindurch hinten eine Öffnung (*Feuerloch*), das von der Feuertür verschlossen wird.

An den Feuerkistenmantel schließt sich nach vorn, von der Feuerbüchs- oder hinteren Rohrwand ausgehend, der *Langkessel* oder *Rundkessel* an, dessen Begrenzung die vordere Rohrwand bildet. Vor dieser ist die *Rauchkammer* angeordnet, auf der oben der *Schornstein* sitzt, und die vorn von der Rauchkammertür abgeschlossen ist. In dem Langkessel liegen, die beiden Rohrwände verbindend, eine große Anzahl *Siederohre*, die einen Durchmesser von etwa 40—50 mm haben. Sie gestatten den in der Feuerkiste gebildeten heißen Gasen den Durchtritt in die Rauchkammer, wobei sie ihre Wärme im Langkessel an das sie umgebende Wasser abgeben; die Temperatur der Heizgase ermäßigt sich von etwa 1400—1500° in der Feuerkiste auf 250—300° in der Rauchkammer. Die Heizfläche der Siederohre wird als *indirekte Heizfläche* bezeichnet. In der Rauchkammer sitzt senkrecht unter dem Schornstein das *Blasrohr*; aus diesem pufft der in den Zylindern verarbeitete Dampf aus, wobei infolge der in ihm noch vorhandenen Geschwindigkeitsenergie die Rauchgase aus der Rauchkammer angesaugt und durch den Schornstein ins Freie befördert werden. Durch die Saugwirkung entsteht in der Rauchkammer, den Siederohren und der Feuerkiste ein Unterdruck gegenüber dem äußeren Atmosphärendruck; infolgedessen muß Luft durch den Aschkasten unter den Rost nachtreten und gelangt so an das glühende Brennmaterial heran, wobei sie den zur Verbrennung erforderlichen Sauerstoff liefert. Ohne Blasrohr wäre es kaum möglich, einen leistungsfähigen Lokomotivkessel zu bauen, da auf die Wirkung des Schornsteins nicht wie bei stationären Anlagen gerechnet werden kann.

Für ein sparsames Arbeiten des Dampfes in den Zylindern ist es erforderlich, daß er möglichst wenig mechanisch mitgerissenes Wasser enthält. Man bringt deshalb die Dampfentnahme an einem Punkte des Kessels an, wo die Dampfentwicklung nicht zu heftig vor sich geht, also meist am vorderen Ende des Kessels. Das Dampfentnahmerohr, das den Dampf zu den Zylindern leitet, kommt aus dem erhöhten zylindrischen Dampfdom. Vor der Mündung des Entnahmerohres ist der Regulator angebracht, mit Hilfe dessen der Führer durch den Regulatorhebel den Dampf nach Bedarf absperren kann.

Die Feuerkiste besteht zum großen Teil aus ebenen Platten, die bei innerem Druck auseinander gedrückt werden würden, wenn nicht durch die Wände der Feuerkiste und des Mantels kupferne Stehbolzen in Abständen von etwa 100 mm durchgezogen wären. Das Material der Kessel ist bis auf die Feuerkiste, die meist aus Kupfer besteht, Schweißeisen oder Flußeisen. Neben den schmalen, zwischen den Rahmen angeordneten Feuerkisten werden bei großen Lokomotiven auch sogenannte breite Feuerkisten gebaut, die seitlich über den Rahmen hinausragen. Die schmale Feuerkiste, die bei normaler Spurweite von 1435 mm eine Rostbreite von etwa 1 m ermöglicht, kann mit Rücksicht auf gutes Beschicken des Rostes nur etwa 3 m lang gemacht werden; es kann demnach bei einer schmalen Feuerkiste eine Rostgröße von höchstens 3 qm erzielt werden. Neuere Lokomotiven, besonders amerikanische, haben bereits Roste von 9 qm und mehr. Schmale Roste (Fig. 1020) haben vor breiten (Fig. 1021) bei gleicher Rostfläche den Vorteil einer besseren Flammenentwicklung und damit einer besseren Verbrennung; auch wird die hintere Rohrwand beim Öffnen der Feuertür infolge der größeren Entfernung vom Feuerloch nicht so leicht von der kalten Luft getroffen, wodurch Abkühlungen und damit das gefürchtete Siederohrlaufen verhindert werden.

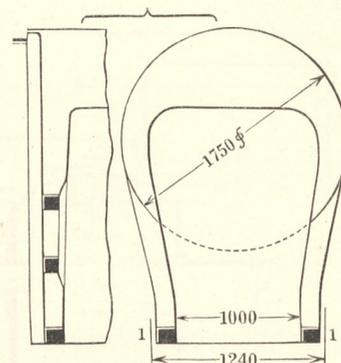


Fig. 1020. Schmalere Rost (Schnitt; 1—1 Rahmen der Lokomotive).

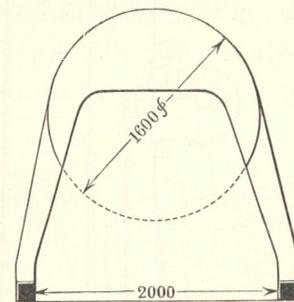


Fig. 1021. Breitere Rost (Schnitt).

Außer den oben beschriebenen Formen der Feuerkisten haben sich andere bis jetzt nicht bewährt. Man hat versucht, die Feuerkiste aus flußeisernen Wellrohren herzustellen, die infolge ihrer kreisrunden Form eine Verankerung entbehren können. Ferner sind Ausführungen bekanntgeworden, die statt der Feuerkiste ein System von dicht nebeneinander gestellten Rohren verwenden.

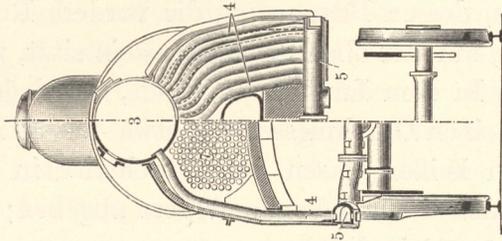


Fig. 1023. Querschnitt.

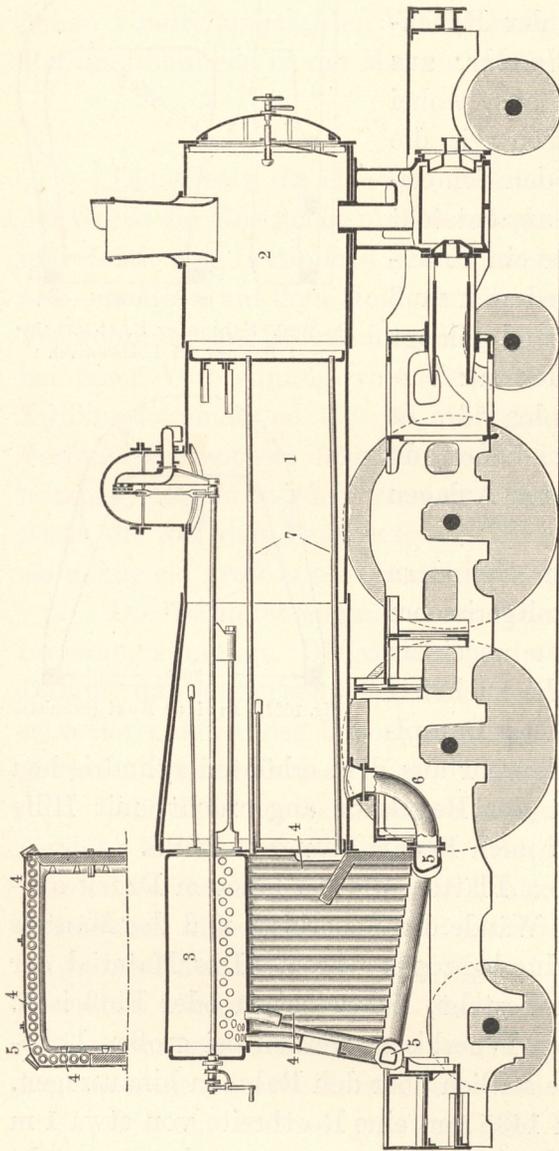


Fig. 1022. Längsschnitt.

Fig. 1022 und 1023. Kessel, Bauart Brotan, für eine Schnellzuglokomotive.

Fig. 1022 und 1023 zeigen einen derartigen Kessel, Bauart Brotan. Der Langkessel 1 mit der Rauchkammer 2 trägt an seinem hinteren Ende oben einen kleinen Kesselstumpf 3, in den eine Anzahl Rohre 4 eingewalzt sind. Diese bilden die Feuerkiste und sind unten in einem viereckigen hohlen Grundrohr 5 befestigt, das mit dem Langkessel 1 durch ein Knierohr 6 in Verbindung steht. Die heißen Rauchgase ziehen durch die Siederöhren 7 in die Rauchkammer 2 ab. Infolge der starken Erwärmung wird das Wasser in den Rohren 4 durch die mit ihm vermischten Dampfblasen leichter; es steigt in den Kesselstumpf 3 hinein, während das kühlere Wasser aus dem Langkessel in den Grundring 5 hineingesaugt wird. Der hierdurch entstehende gute Wasserumlauf hindert ein Festsetzen von Kesselstein in den engen Rohren 4 und schützt sie dadurch vor Verbrennen. Wegen der kreisrunden Form der Rohre sind Stehbolzen unnötig; der Kessel hat allerdings eine große Anzahl von Dichtungsstellen, die bei den Erschütterungen während der Fahrt leicht undicht werden können. — Außer dem *Brotankessel* sind noch viele andere Kesseltypen gebaut worden, einen größeren Erfolg hat indes noch keine Ausführung gehabt, obwohl ein vollwertiger Ersatz für die teure, schlecht zu reinigende und schwer zu unterhaltende kupferne Feuerkiste sehr zu wünschen wäre.

Armatur (vgl. S. 47 ff.). Zur Speisung des Kessels, zum Ersatz des verdampften Wassers dienen die Speisepumpen, und zwar meist *Injektoren*, in denen ein aus einer Düse mit großer Geschwindigkeit austretender Dampfstrahl kaltes Wasser ansaugt und in den Kessel drückt. Von den Speisevorrichtungen sind *zwei* gesetzlich vorgeschrieben. Den Wasserstand erkennt man in einem *Wasserstandsglas*; statt der ebenfalls vorgeschriebenen zweiten Wasserstands-Anzeigevorrichtung können auch *Probierhähne* dienen. Der Dampfdruck läßt sich an einem *Manometer* ablesen. Um eine unzulässige Überschreitung des Dampfdruckes zu verhindern, ist jeder Kessel mit *Sicherheitsventilen* ausgerüstet. Außer diesen für die Sicherheit des Kesselbetriebes nötigen Vorrichtungen sind die Kessel noch mit einer *Dampfpfeife* und vielfach, besonders auf Nebenbahnen, wo unbewachte Bahnübergänge vorhanden sind, mit einem *Dampfläutewerk* ausgerüstet. Zur Reinigung des Kessels dienen *Auswaschluken*, die an den Stellen, wo sich der meiste Schmutz erfahrungsgemäß ablagert oder ansetzt, angebracht sind.

Als Brennmaterial für den Kessel dienen Steinkohle, Steinkohlenbriketts, Braunkohle, Holz, Torf und in ölfreieichen Gegenden, wie in Rußland, Petroleum oder Petroleumrückstände. Die Ölfeuerung hat vor Feuerungen mit festen Brennstoffen den großen Vorzug der absoluten Rauch- und Funkenlosigkeit, was besonders da von Wichtigkeit ist, wo viele Tunnel vorhanden sind oder erfahrungsgemäß leicht Waldbrände entstehen. Auch wird die schwere Arbeit des Heizers bei Anwendung der Ölfeuerung vollständig erspart. Das Brennöl muß in fein zerstäubtem Zustand mit der nötigen Verbrennungsluft gemischt in die Feuerkiste eingeführt werden. Dies geschieht entweder durch Dampfstrahlgebläse (vgl. S. 40) oder durch Zentrifugalzerstäuber. Bei den ersteren geht ein Teil des Heizwertes verloren, da der in den Verbrennungsraum mit eingespritzte Wasserdampf während der Verbrennung auf höhere Wärmegrade erhitzt werden muß. Bei den *Zentrifugalzerstäubern*, die von der

Firma Körting in Hannover ausgeführt werden, wird dieser Nachteil vermieden. Eine Pumpe drückt das auf $100-125^{\circ}$ angewärmte Öl, mit Luft gemischt, durch die Zentrifugalzerstäuber, die unmittelbar vor der

Feuerkiste liegen. Diese ist, um sie vor den Einwirkungen der heißen Stichflammen zu schützen, im unteren Teil mit feuerfesten Steinen ausgemauert. Bei Ölfeuerung ist die Leistung der Kessel in viel höherem Maße veränderlich, da die eingeführte Ölmenge leicht geregelt werden kann.

Die immer größer werdenden Lokomotiven in Amerika haben Kesselformen gezeitigt, die von den in Europa gebauten ganz erheblich abweichen. Besonders boten die riesenhaften *Mallet-Lokomotiven* infolge ihrer großen Achsenzahle (bis zwölf Achsen) Raum für derartig lange Kessel, daß ein solcher für die nötige Dampferzeugung viel zu groß geworden wäre. Man hat daher den eigentlichen Kessel verkürzt und vor der vorderen Rohrwand einen Dampfüberhitzer und einen Speisewasservorwärmer eingebaut. Fig. 1024 zeigt den Kessel einer großen Mallet-Lokomotive, die der Atchison-Topeka and Santa Fé-Bahn gehört. Die eingeschriebenen Maße (in mm) zeigen die im Vergleich mit europäischen Lokomotivkesseln ganz gewaltigen Abmessungen.

Viele Versuche sind, besonders bei amerikanischen Lokomotiven, angestellt worden, um die Arbeit des Heizers zu erleichtern. Zu verfeuernde Kohlenmengen von 3000 kg in der Stunde sind dort keine Seltenheit mehr, würden aber zwei Heizer auf einer Lokomotive erfordern. Man hat daher *selbsttätige Rostbeschickungsanlagen* gebaut, bei denen meistens das Brennmaterial durch Wurfvorrichtungen über dem Rost verteilt wird, was jedoch infolge der ungünstigen Form des Lokomotivrostes sehr schwierig ist.

Weitere Versuche sind gemacht worden, um die Verbrennung in der Feuerkiste der Lokomotive zu verbessern. Beim Aufschütten neuer Kohle ist der für die Verbrennung erforderliche Luftbedarf naturgemäß am größten, infolge der höheren Brennschicht wird aber gerade dann weniger Luft durch die Rostspalten angesaugt werden können. Dadurch können die Rauchgase nicht ordentlich verbrennen, und die Lokomotive qualmt, was neben dem Verlust an Brennstoff zu Belästigungen der Anwohner führen kann. Die zur Verbesserung der Verbrennung gebauten Vorrichtungen suchen nun die Luftzufuhr zu dem Brennmaterial besser zu regeln. Eine neuerdings vielfach verwendete Einrichtung ist die von Marcotty, deren neueste Ausführung Fig. 1025 zeigt. Sie besteht aus zwei Teilen: einem Paar über der Feuertür angeordneter, hohler Stehbolzen

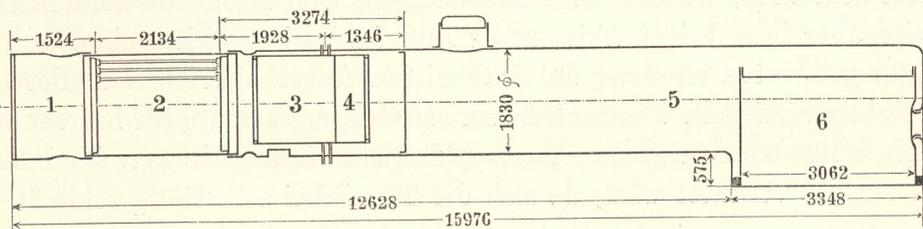


Fig. 1024. Kessel einer 2B+C1-Personenzug-Verbund-Malletlokomotive der Atchison-Topeka-Santa Fé-Bahn (1 Rauchkammer; 2 Speisewasservorwärmer; 3 Zwischenüberhitzer; 4 Hochdrucküberhitzer; 5 Langkessel; 6 Feuerbüchse).

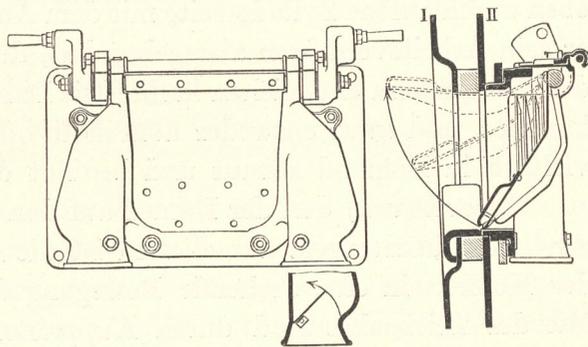


Fig. 1025. Marcottys Rauchverminderungs-Vorrichtung für Lokomotivfeuerungen (I innen, II außen).

und aus einer nach innen aufschlagenden Feuertür mit besonderer Luftzuführung. Die beiden hohlen Stehbolzen sind an eine mit dem Schieberkasten verbundene Dampfleitung angeschlossen, so daß bei fahrender Lokomotive, wenn also im Schieberkasten Dampf ist, aus ihnen ins Innere der Feuerkiste zwei schräg nach vorn unten gerichtete Dampfschleier austreten. Diese Dampfschleier sollen die durch die Feuertür beim Öffnen eintretende Luft von der hinteren Rohrwand abhalten und sie zu einer Mischung mit den Feuergasen veranlassen. Die Feuertür schlägt nach innen auf und hat an beiden Seiten Luftkanäle, die oben mit Luftleitungsrippen versehen sind und unten mit leicht beweglichen, nach innen aufschlagenden Klappen aus dünnem Blech verschlossen werden können. Beim Arbeiten der Lokomotive wird durch diese Klappen ständig Luft angesaugt, und zwar um so mehr, je größer die Luftleere in der Feuerkiste ist, was dann der Fall sein wird, wenn infolge Aufschüttens von Kohle die Brennschicht hoch ist. Gerade dann wird aber in richtiger Weise mehr Luft in die Feuerkiste eingeführt. Die Kipptür wird in ihrer ganz geöffneten Stellung durch Gewichte festgehalten und in der geschlossenen Stellung durch Klinken verriegelt. Die nach innen aufschlagende Klapptür hat vor der gewöhnlichen, nach außen sich öffnenden den großen Vorzug, daß ein Herausschlagen der Flamme aus dem Feuerloch mit Sicherheit verhütet wird, da sich die Tür dabei selbsttätig schließt.

3. Dampfmaschine und Triebwerk.

Der im Kessel der Lokomotive erzeugte Dampf gelangt durch den Regulator in das Dampfrohr, das durch die vordere Rohrwand hindurchgeführt ist und sich bei den sogenannten Zwillingslokomotiven in der Rauchkammer teilt. Die beiden Zweigrohre leiten den Dampf in die Schieberkasten der beiden Zylinder, in denen die Schieber die richtige Dampfverteilung besorgen. Der Dampf gelangt durch den Schieber abwechselnd in die Kanäle, die am vorderen und hinteren Ende in den Zylinder münden und in denen dadurch der Kolben bald nach hinten, bald nach vorn gedrückt wird. Kurz bevor der Kolben seinen Hub vollendet hat, setzt der Schieber die vom Kolben eben durchlaufene Zylinderseite mit dem Auspuffkanal in Verbindung, so daß der Dampf, nachdem er sein Arbeitsvermögen abgegeben hat, durch das in der Rauchkammer befindliche Blasrohr in den Schornstein entweichen kann. Die Dampfzylinder liegen meist vorn in der Nähe der Rauchkammer, und zwar entweder außerhalb oder innerhalb des Rahmens. Letztere Anordnung wird vielfach in England gebaut und bedingt die Anwendung von Kropfachsen.

Der Druck, den der Dampf auf den Kolben ausübt, wird durch die *Kolbenstange* auf den *Kreuzkopf* übertragen. An diesem ist die *Schubstange* angelenkt, die die geradlinige Bewegung des Kolbens in eine drehende Bewegung der an der *Triebachse* angebrachten Kurbel umsetzt. Mit der Triebachse sind durch *Kuppelstangen* die *Kuppelachsen* verbunden, die dadurch die Drehung der Triebachse mitmachen müssen.

Jede Lokomotive hat mindestens zwei Zylinder, welche die Räder auf beiden Seiten der Lokomotive antreiben. Die an den Treibrädern befestigten Kurbeln, an welche die Schubstangen angreifen, sind auf beiden Seiten um einen rechten Winkel versetzt, so daß, wenn der linke Kolben am Hubende, die Kurbel also im Totpunkt steht, die rechte Kurbel oben und der rechte Kolben auf Hubmitte steht.

Außer der richtigen Dampfverteilung hat der Schieber bei der Lokomotive noch eine andere wichtige Aufgabe zu erfüllen; er muß auch ein Vorwärts- und Rückwärtsfahren ermöglichen (vgl. S. 64 ff.). Neben der Änderung der Fahrtrichtung wird die Änderung der Füllung durch entsprechende Schieberbewegungen bewirkt; zu diesem Zweck besitzt jede Lokomotive eine Steuerung, die vom Führer verstellt werden kann. In der Mittellage der Steuerung erhalten die Zylinder durch die Schieber keinen Dampf; wird die Steuerung nach vorn ausgelegt, so erhalten die Zylinder zunächst kleine, dann, bei weiterem Auslegen, größere Füllungen, und zwar sind die Schieberbewegungen derart, daß die Lokomotive vorwärts fährt; wird die Steuerung nach rückwärts verlegt, so fährt die Lokomotive ebenfalls rückwärts. Als gebräuchlichste Lokomotivsteuerungen werden die von Stephenson, Gooch, Allan und neuerdings wohl am meisten die von

Heusinger-Walschaert verwendet. Bei den ersten drei sogenannten *Kulissensteuerungen* sitzen (vgl. S. 65, Fig. 129) auf der Triebachse dicht nebeneinander zwei Exzenter, das sogenannte *Vorwärts-* und *Rückwärtsexzenter*, die mittels langer Stangen eine *Kulisse* in schwingende Bewegung setzen. In dieser kann ein Gleitstück, der sogenannte *Stein*, verschoben werden, an dem die mit dem Schieber verbundene Schieberstange angelenkt ist. Durch Heben oder Senken der Kulisse oder des Steines macht dieser nun eine Bewegung, die mehr vom Vorwärts- oder vom Rückwärtsexzenter beeinflußt wird, wodurch die Schieber die Dampfverteilung derartig bewirken, daß die Lokomotive mit der gewünschten Füllung entweder vorwärts oder rückwärts fährt. In der Mittelstellung ist die Schieberbewegung Null, da Vorwärts- und Rückwärtsexzenter gleichviel auf den Stein einwirken; die Zylinder erhalten dann keinen Dampf. Statt der Dampfverteilung durch Schieber (Flach- oder Kolbenschieber) werden neuerdings auch Ventilsteuerungen für Lokomotiven gebaut. Von der Hannoverschen Maschinenbau-Aktiengesellschaft ist die Lentzventilsteuerung (vgl. S. 61) erfolgreich eingeführt worden. Statt der gewöhnlichen, hin und her bewegten Schieberstange wird hier eine mit Hubkurven versehene Stange bewegt, die die Einlaß- und Auslaßventile in bestimmter Reihenfolge öffnet und schließt; das Öffnen geschieht dadurch, daß die Hubkurvenstange eine an der Ventilspindel befestigte Rolle anhebt, während das Schließen durch eine senkrecht angeordnete Feder bewirkt wird. Der ganze Ventilmechanismus ist in einen gegen Staub gut geschützten, leicht zu entfernenden Kasten eingebaut, wodurch ein Nachsehen der Ventile und der Steuerungsteile gut möglich wird.

Der Lentzventilsteuerung ähnlich ist die Ventilsteuerung von Stumpf.

Bei dieser sind die Hubkurven an der Ventilspindel, die Rollen dagegen an der hin und her gehenden Stange angebracht, wodurch eine vorteilhaftere Schmierung der sich aufeinander bewegenden Teile erzielt wird. Diese Steuerung ist von Stumpf auch für Gleichstromdampfmaschinen verwendet worden. Bei der Lentzsteuerung sind vier Ventile für jeden Zylinder nötig, zwei Einlaß- und zwei Auslaßventile. Die nach dem Gleichstromprinzip arbeitenden Zylinder haben nur zwei Einlaßventile, der Auslaß wird dadurch geschaffen, daß der Kolben in den Totlagen einen Kanalkranz im Zylinder öffnet, durch den der Dampf auspuffen kann (vgl. S. 64). Der Kolben wird dabei ungefähr 90 Proz. des ganzen Hubes lang; der Zylinder wird also erheblich länger als ein gewöhnlicher.

Das Streben nach geringerem Kohlen- und Wasserverbrauch hat dazu geführt, die einfache Bauart der Naßdampfzwillingslokomotive zu verlassen und die Verbundmaschinen und Heißdampfmaschinen auch in den Lokomotivbau einzuführen.

Verbundlokomotiven. Bei einer Zweizylinder-Verbundmaschine gelangt der Frischdampf nicht, wie bei den gewöhnlichen Zwillingsmaschinen, gleichzeitig in zwei gleichgroße Zylinder, sondern zunächst in den kleineren Hochdruckzylinder, dehnt sich hier unter Arbeitsleistung bis auf eine gewisse Spannung aus und gelangt mit dieser Spannung in den größeren Niederdruckzylinder, wo sich der Druck bis auf die Auspuffspannung erniedrigt (vgl. S. 54 und 72—75).

Da bei einer Verbundlokomotive der Dampf beim Anfahren nur in den Hochdruckzylinder einströmt, kann sie bei ungünstigem Stande der Hochdruckkurbel, z. B. im Totpunkt, nicht anziehen. Zur Vermeidung dieses Übelstandes muß jede Verbundlokomotive eine

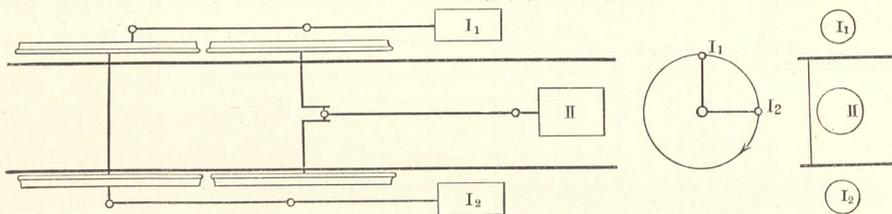


Fig. 1026. Bauart Webb.

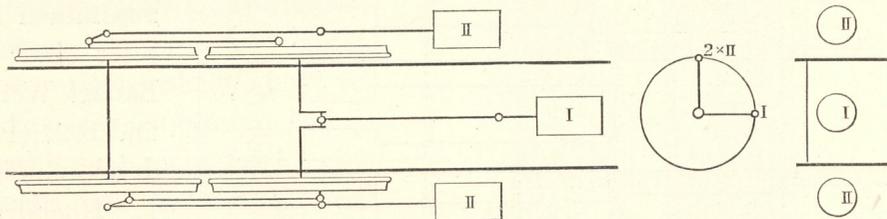


Fig. 1027. Bauart Wittfeld.

Fig. 1026 und 1027. Dreizylinderanordnungen für Verbundlokomotiven.

Anfahrvorrichtung besitzen, deren Aufgabe es ist, in dem beschriebenen Falle dem Niederdruckzylinder gedrosselten Frischdampf zuzuführen, damit die Lokomotive anfahren kann. Diese

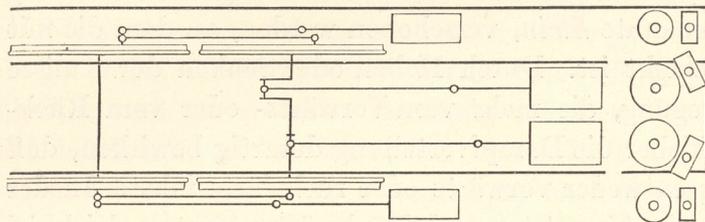


Fig. 1028. Bauart de Glehn.

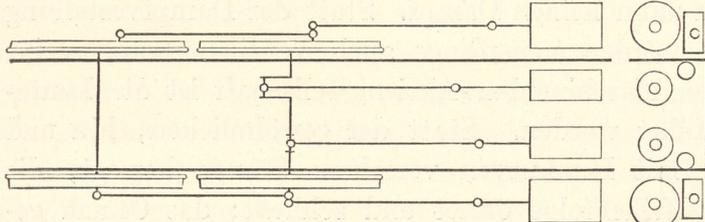


Fig. 1029. Bauart von Borries.

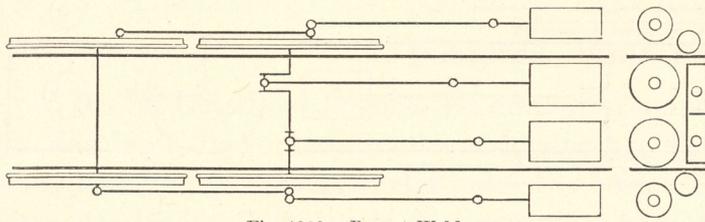


Fig. 1030. Bauart Webb.

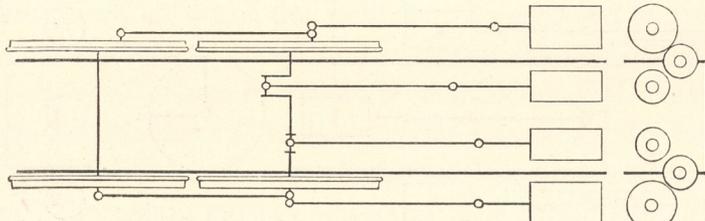


Fig. 1031. Bauart Vaucrain.

Fig. 1028—1031. Vierzylinderanordnungen für Verbundlokomotiven.

der Achsen, wie aus Fig. 1028—1030 ersichtlich ist, unterscheiden. In Amerika wird vielfach die Anordnung Vaucrain (Fig. 1031) gebaut, die ähnlich der von Borriesschen ist, nur

Anfahrvorrichtung ist der Einführung der Verbundlokomotive sehr hinderlich gewesen. Die Verbundlokomotiven eignen sich besonders für lange Fahrstrecken ohne Aufenthalt und besonders da, wo die Leistung der Maschine nicht allzu sehr verändert werden muß, d. h. also hauptsächlich auf Flachlandstrecken. Sie ersparen dann gegenüber den Lokomotiven mit einfacher Expansion 10—12 Proz. Kohle und 8—10 Proz. Wasser.

Bei großen Leistungen werden die Zylinder, besonders der Niederdruckzylinder, derartig groß, daß ihre Unterbringung an der Lokomotive schwierig ist. Man ist daher zu einer Teilung der Zylinder übergegangen, indem man den einen Niederdruckzylinder in zwei unterteilt. Man erhielt so eine *Dreizylinderlokomotive*, deren Kurbeln entweder unter 120° oder zwei zusammen und die dritte unter 90° versetzt sind; hiernach unterscheiden sich: Bauart Webb und Wittfeld, s. Fig. 1026 und 1027 (I Hochdruckzylinder; II Niederdruckzylinder; I₁ Hochdruckzylinder links; I₂ Hochdruckzylinder rechts). Bei der Webbschen Bauart sind die beiden Triebachsen nicht gekuppelt, was der Lokomotive eine bessere Beweglichkeit beim Durchfahren von Krümmungen gibt.

Verbreiteter als die Dreizylinderlokomotiven sind die *Vierzylinderlokomotiven*, die dann zwei Hochdruck- und zwei Niederdruckzylinder haben. Die Kurbeln der zusammengehörigen Hoch- und Niederdruckzylinder sind unter 180° versetzt, während die Kurbeln beider Seiten unter 90° stehen. Es wird durch diese Anordnung ein guter Ausgleich der hin und her gehenden Massen bewirkt, so daß diese Lokomotiven einen besonders ruhigen Gang bei hohen Fahrgeschwindigkeiten haben.

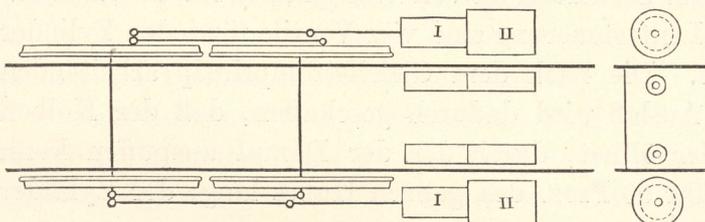


Fig. 1032. Bauart Woolf.

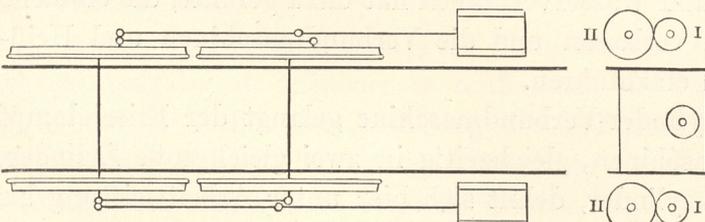


Fig. 1033. Bauart Vaucrain.

Fig. 1032—1034. Vierzylinder-Tandemanordnungen für Verbundlokomotiven (I Hochdruckzylinder, II Niederdruckzylinder).

In Europa sind hauptsächlich die Bauarten de Glehn, von Borries und Webb vertreten, die sich durch die Lage der Zylinder und den Angriff

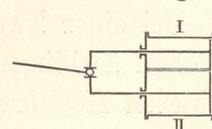


Fig. 1034. Bauart Vaucrain.

der Achsen, wie aus Fig. 1028—1030 ersichtlich ist, unterscheiden. In Amerika wird vielfach die Anordnung Vaucrain (Fig. 1031) gebaut, die ähnlich der von Borriesschen ist, nur

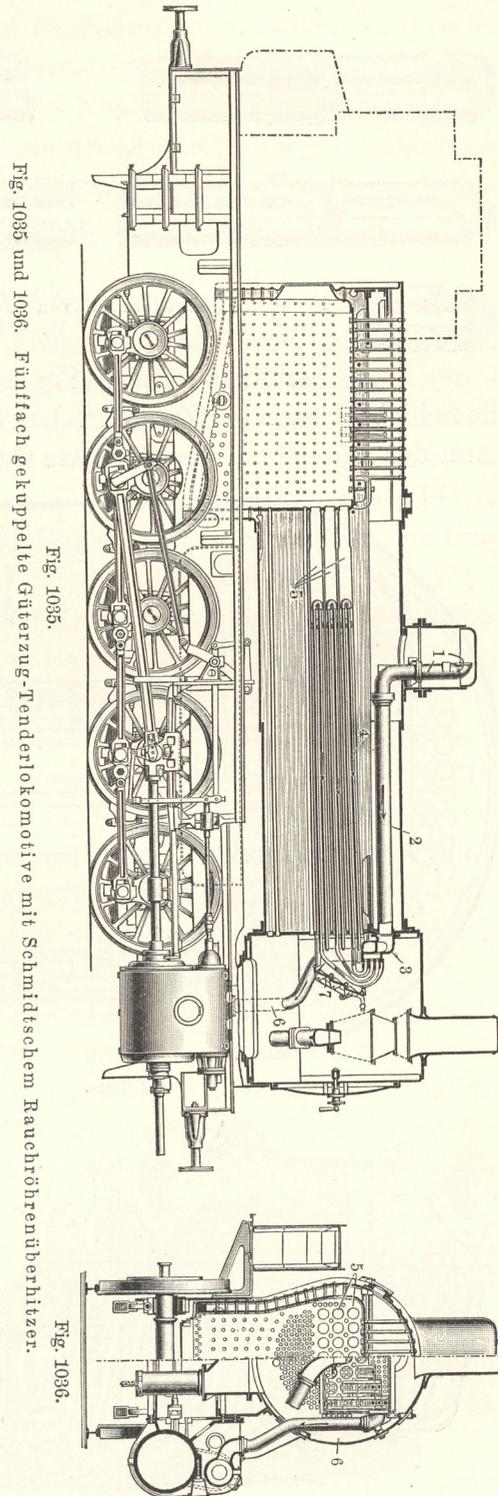
werden je ein Hoch- und Niederdruckzylinder von einem gemeinsamen Schieber gesteuert. Eine andere, in Amerika ebenfalls mehrfach ausgeführte Bauart ist die Woolfsche Tandemanordnung (Fig. 1032), bei der Hochdruck- und Niederdruckzylinder hintereinander liegen, sowie eine Bauart Vaucrain (Fig. 1033 und 1034) mit übereinanderliegenden Zylindern. Die letzten beiden Anordnungen verzichten vollständig auf den guten Massenausgleich der ersteren Bauarten.

Verbundlokomotiven haben hauptsächlich in Frankreich, Deutschland und Österreich Eingang gefunden, doch hat in allerletzter Zeit die Verwendung des hochüberhitzten Dampfes dem Bau von Verbundlokomotiven großen Abbruch getan, da hier mit einfacheren Mitteln noch größere Ersparnisse in bezug auf Kohle und Wasser erzielt werden konnten.

Heißdampflokomotiven. Neben der Anwendung der Verbundwirkung in der Dampfmaschine der Lokomotive hat in den letzten Jahren ganz besonders der Heißdampf einen hervorragenden Einfluß auf den Bau der Lokomotive gewonnen. (Über Heißdampf usw. vgl. S. 38 und 50.) Durch die Anwendung des überhitzten Dampfes sind bei Lokomotiven ganz außerordentliche Ersparnisse an Kohle und Wasser gemacht worden; bei gleichem Materialverbrauch wie Naßdampflokomotiven werden Heißdampflokomotiven also entsprechend höhere Leistungsfähigkeit aufweisen.

Die Vorteile der Überhitzung wurden zum erstenmal in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts von Hirn erkannt, der allerdings keine nennenswerten Erfolge erzielen konnte, da er die Überhitzung nicht hoch genug trieb. Auch gab es damals noch kein Schmiermaterial, das den Temperaturen des Dampfes von 300—350° standhielt. Inzwischen erfolgte die Einführung der Verbundmaschine, so daß die Vorteile der Anwendung des Heißdampfes in Vergessenheit gerieten, bis es Ende der achtziger Jahre dem Zivilingenieur Schmidt in Kassel gelang, Dampfmaschinen zu bauen, die anstandslos mit Temperaturen von 300—380° arbeiteten. Seit dem Jahre 1898 werden Heißdampflokomotiven in immer steigender Zahl verwendet.

Die *Überhitzer* von Schmidt wurden zuerst in zwei Typen gebaut, als *Rauchkammerüberhitzer* und als *Rauchröhrenüberhitzer*. Bei dem ersteren ist in der Rauchkammer ein Röhrensystem angeordnet, das von dem zu überhitzenden Dampf durchströmt wird. Ein durch den unteren Teil des Langkessels hindurchgehendes großes Flammrohr leitet die zur Überhitzung nötige Wärme zu dem Überhitzer hin. Diese Bauart ist inzwischen zugunsten des zweiten Überhitzers verlassen worden. Den Einbau eines Rauchröhrenüberhitzers in den Kessel einer fünfachsigen Güterzuglokomotive zeigen Fig. 1035 und 1036; die Einzelheiten dieses *Dampfüberhitzers* sind in Fig. 1037—1039 dargestellt. Der im Kessel erzeugte Dampf (s. Fig. 1035) gelangt durch den Regulatorkopf 1 und das Regulatorrohr 2 in eine durch Scheidewände geteilte Kammer 3 und durchläuft von hier (wie Fig. 1038 zeigt) ein System parallel geschalteter Überhitzerrohre 4 (Fig. 1035). Diese sind zu je vier in einer Anzahl größerer, von den Heizgasen durchzogener



Rauchrohre 5 angeordnet. Der Dampf tritt in das Überhitzerrohr ein, läuft, wie in Fig. 1038 angegeben, nach hinten (links), von da in dem oberen Rohr nach vorn, wo das Rohr in der Rauchkammer eine Rohrschleife bildet, wird dann wieder nach hinten geleitet und kommt schließlich wieder nach vorn in eine andere Abteilung der vorderen Kammer 3 (Fig. 1035), wo er nun etwa

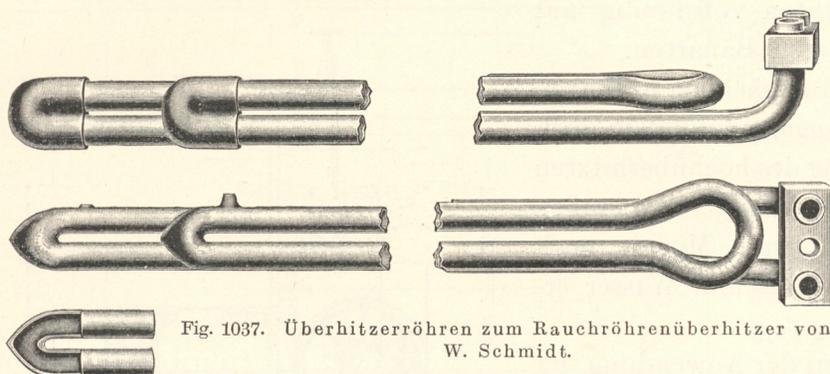


Fig. 1037. Überhitzerröhren zum Rauchröhrenüberhitzer von W. Schmidt.

120—170° über seine Sättigungstemperatur überhitzt ist. Statt der hinten angeordneten Kappen (Fig. 1037, oben), in die die Überhitzerrohre eingeschraubt sind, schweißt man neuerdings die Rohrenden mittels des autogenen Schweißverfahrens zusammen (Fig. 1037, unten). Aus dem in der Rauchkammer sitzenden

Sammelkasten 3 (Fig. 1035) gelangt der Heißdampf durch die Einströmrohre 6 in die Schieberkasten der Zylinder. Um die Überhitzungstemperatur des Dampfes ändern zu können, kann der Durchgang der Heizgase durch die Rauchrohre mittels der Klappen 7 geregelt werden,

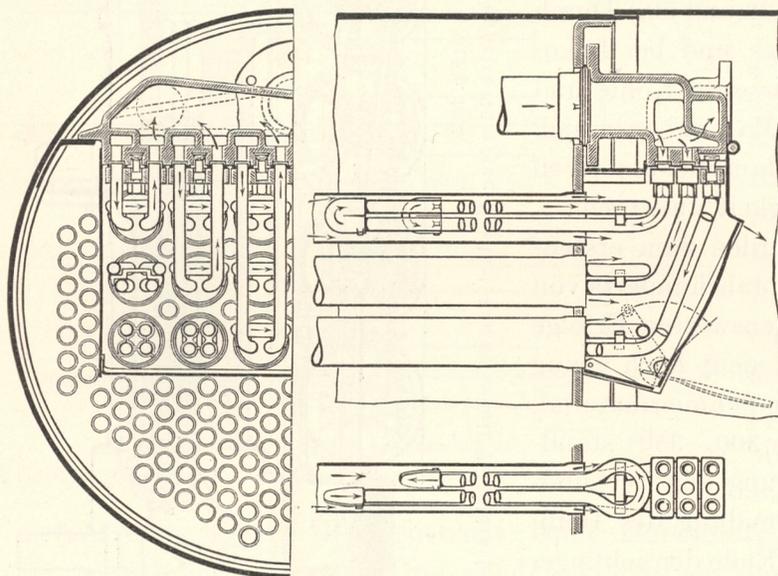


Fig. 1038.

indem bei ganz offenen Klappen mehr Heizgase durch den Überhitzer hindurchgehen, was eine Temperaturerhöhung zur Folge hat. Die Klappenstellung wird auch von der Dampfentnahme abhängig gemacht, indem eine Vorrichtung vorgesehen ist, die derartig wirkt, daß, wenn im Schieberkasten kein Druck vorhanden ist (die Maschine also ohne Dampf läuft oder stillsteht), die Klappen selbständig geschlossen werden. Der Durchgang der Heizgase durch die Überhitzerrohre wird dadurch abgesperrt und ein Ausglühen der nicht vom Dampf durchflossenen Rohre verhindert.

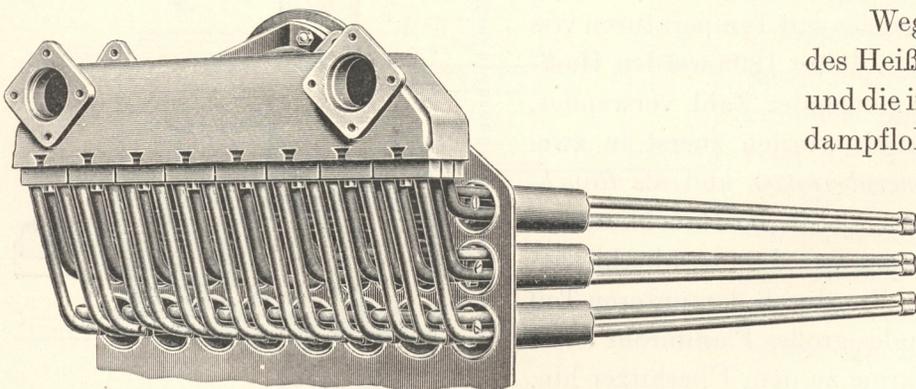


Fig. 1039.

Fig. 1038 und 1039. Rauchröhrenüberhitzer von W. Schmidt.

auftreten. Der Schieber wird als Kolbenschieber gebaut, da Flachschieber sich krumm ziehen würden. Neuerdings werden Schieber mit federnden Ringen verwendet, die in eingesetzten Büchsen laufen. Die Zylinder werden als einfache Rohrkörper konstruiert, die nur an den Enden durch die Einströmkanäle mit dem Schieberkasten in Verbindung stehen.

Die Ersparnisse der Heißdampflokomotiven gegenüber den Naßdampflokomotiven betragen

Wegen der hohen Temperaturen des Heißdampfes müssen die Zylinder und die inneren Steuerorgane der Heißdampflokomotiven besonders sorgfältig ausgebildet werden; infolge der Ausdehnung des Zylinders durch die hohe Wärme können bei falscher Konstruktion leicht so starke Spannungen in dem Gußstück entstehen, daß betriebsgefährliche Risse

an Kohlen 20—25 Proz. gegenüber Zwillingsnaßdampflokomotiven, an Wasser bis 40 Proz. und mehr.

Während die preußischen und belgischen Staatsbahnen von dem Gedanken ausgehen, daß man mit Rücksicht auf die für den Lokomotivbetrieb erforderliche Einfachheit mit einfacher Dampfexpansion auskommen kann, gehen andere Verwaltungen zur *Verbund-Heißdampflokomotive* über. Die Überhitzung des Dampfes bei Verbund-Heißdampflokomotiven wird so ausgeführt, daß entweder nur der in den Hochdruckzylinder einströmende Dampf hochüberhitzt wird und aus dem Hochdruckschieberkasten unmittelbar in den Niederdruckzylinder strömt, oder man überhitzt den Hochdruckdampf und den in den Niederdruckschieberkasten eintretenden Zwischendampf noch einmal, d. h. man arbeitet dann mit sogenannter *Zwischenüberhitzung*. Welches von beiden Systemen den Vorzug verdient, ist noch nicht genau festgestellt.

4. Rahmen und Laufwerk.

Der Rahmen der Lokomotive dient als Lager für die Achsen, Zylinder und Kessel; er bildet gleichsam das Fundament, auf dem die ganze Lokomotive aufgebaut ist. Nach der Lage des Rahmens, ob innerhalb oder außerhalb der Räder, unterscheidet man *Innen-* und *Außenrahmen*, nach dem Material und Herstellung der Rahmen *Platten-* und *Barrenrahmen*. Europäische Lokomotiven haben hauptsächlich Innenrahmen, und zwar meistens aus Blechen hergestellte Plattenrahmen. Neuerdings werden auch vereinigte Platten- und Barrenrahmen hergestellt, und zwar besonders bei Vierzylinderlokomotiven.

Die Rahmenbleche sind je nach Art und Größe der Lokomotive aus etwa 18—40 mm starken Blechplatten hergestellt. Barrenrahmen werden aus Barreneisen von etwa 100 × 100 mm geschweißt oder aus Stahlguß gegossen. Sie haben den Vorteil, daß das innere Triebwerk zugänglicher wird, es lassen sich jedoch die Querverbindungen schlechter anbringen; die beiden Rahmenseiten werden in der Hauptsache nur durch das vordere Zylindergußstück (bei Mehrzylinderlokomotiven) oder durch ein Verbindungsstück der beiden Zylinder, den *Zylindersattel*, gegeneinander abgesteift. Es treten daher häufige Rahmenbrüche auf, die kostspielige Wiederherstellungsarbeiten erforderlich machen. Stahlgußrahmen haben ähnliche Mängel, da derartig lange und schwere Gußstücke kaum gänzlich blasenfrei und ohne innere Gußspannungen herstellbar sind. Die Barrenrahmen sind auch beträchtlich teurer als Plattenrahmen.

Der Kessel wird vorn an der Rauchkammer mit dem Rahmen durch kräftige Bleche und Winkeleisen fest verbunden. Infolge der Wärmeausdehnung, die ein Kessel beim Anheizen erfährt, darf er am hinteren Ende, der Feuerkiste, nicht ebenfalls fest mit dem Rahmen verbunden sein, die Auflagerung muß vielmehr so hergestellt sein, daß die unvermeidliche Ausdehnung leicht ermöglicht wird, ohne den Rahmen zu beanspruchen. Die Feuerkiste ruht daher auf Gleitstücken, die am Rahmen so geführt sind, daß zwar eine Ausdehnung des Kessels möglich ist, ein Abheben desselben jedoch durch übergreifende Winkel verhindert wird. Statt auf diesen Gleitstücken befestigt man den Kessel neuerdings vielfach auf sogenannten *Pendelblechen*, das sind dünne Bleche, die quer zur Achse des Kessels an der Feuerkiste und am Rahmen vernietet sind und sich bei Längenausdehnungen durchbiegen. — Vorn und hinten werden die beiden Rahmenbleche durch kräftige Querstücke, die *Pufferbohlen*, vereinigt, die gleichzeitig die Zug- und Stoßapparate aufnehmen.

Bei kleineren Lokomotiven, besonders Tenderlokomotiven, bildet der Rahmen vielfach einen geschlossenen Kasten. Dieser *Kastenrahmen* gewährt eine vorzügliche Versteifung und hat den weiteren Vorteil, daß man ihn gleichzeitig als Wasserbehälter benutzen kann.

Die *Räder* der Eisenbahnfahrzeuge sind im Gegensatz zu denen gewöhnlicher Fuhrwerke fest auf der Achse befestigt, drehen sich also mit der Achse zusammen. Sie sind meist aus Stahlguß und werden an der Lauffläche mit warm aufgezogenen Radreifen versehen, die nach eingetretener Abnutzung wieder auf die richtige Form abgedreht und schließlich durch neue ersetzt werden. Als Material dient für diese hoch beanspruchten Teile Tiegelgußstahl, der neben großer Härte

auch bedeutende Zähigkeit besitzt. Die Verbindung des Reifens mit dem Unterring, die in der Hauptsache als Sicherung gegen Abfliegen bei Brüchen dienen soll, geschieht durch sogenannte *Sprengringe*, die in schwalbenschwanzförmige Nuten im Ring und Unterreifen hineingehämmert werden, oder durch *Klammerringe*, die eine noch bessere Verbindung ermöglichen. Die Befestigung des Rades auf der Achse geschieht durch Aufpressen mittels hydraulischer Pressen, bei Drucken bis über 250 000 kg. Die Treib- und Kuppelzapfen werden ebenfalls in die Räder hineingepreßt.

Zur Aufnahme der Achslager dienen Ausschnitte im Rahmen, die zur Aufhebung der Schwächung des Rahmenquerschnittes an dieser Stelle durch kräftige Achsbacken eingefast werden. In diesen gleiten möglichst ohne Seitenspiel die Achslager, die das Gewicht der Lokomotive auf die Achsen übertragen. In den Achslagern sind die Lagerschalen angebracht, die die Achsschenkel von oben umfassen und meist zur Verminderung der Reibung mit Weißmetall ausgegossen sind. Den unteren Teil des Achslagers bildet ein mit Schmieröl angefüllter Kasten; ein in diesem gelegenes Schmierpolster drückt gegen den Schenkel und schmiert ihn dadurch.

Oben oder unten an dem Achslager sind *Federn* befestigt, die verhindern sollen, daß die beim Fahren entstehenden Stöße unmittelbar auf den Rahmen übertragen werden. Hätte nun jedes Achslager der Lokomotive eine am Rahmen befestigte Feder, so wäre die Lokomotive so oft unterstützt, wie sie Räder hätte. Würde dann z. B. bei einer zweiachsigen Lokomotive ein Vorderrad über eine Erhöhung fahren, so würde es eine starke Mehrbelastung erleiden, während das Hinterrad auf derselben Seite gleichzeitig entsprechend entlastet wird, da es sich von der Schiene abzuheben sucht. Um diese ungleichmäßigen Achsbelastungen zu vermeiden, verbindet man die Federn durch Ausgleichhebel; hierdurch wirkt eine Mehrbelastung einer Achse sofort auch auf alle durch Ausgleichhebel verbundenen Achsen ein, und zwar derart, daß sich die Ausgleichhebel schiefe stellen und dadurch einen Teil des Druckes auf die benachbarten Achsen übertragen. Kleinere Lokomotiven erhalten eine derartige Verbindung der Federn durch Ausgleichhebel, daß sie nur auf drei Punkten unterstützt sind (jede durch Ausgleichhebel verbundene Gruppe von Federn gilt als ein Unterstützungspunkt), da dies die sicherste Auflagerung für einen Körper ist. Größere Lokomotiven werden allerdings in mehr Punkten unterstützt, da sie sonst, besonders bei schnellerem Fahren, zu beweglich werden und leicht in unangenehme Schwankungen geraten.

Zur Erleichterung des Durchfahrens von Krümmungen wird das Spurmaß der Schienen erweitert. Außerdem spielt der Achsstand des Fahrzeugs eine große Rolle, da Lokomotiven mit großem, festem Radstand, d. h. großer Entfernung der beiden äußersten, im Rahmen festgelagerten Achsen, schwerer durch Krümmungen hindurchlaufen als solche mit kurzem Radstand. Zur weiteren Erleichterung des Durchfahrens von Krümmungen dienen hauptsächlich: 1. Drehgestelle, 2. drehbare Achsen, 3. verschiebbare Achsen.

Drehgestelle haben stets zwei in einem besonderen Rahmen gelagerte Achsen; der Rahmen ist um einen in der Mitte gelagerten Zapfen drehbar mit dem Hauptrahmen der Lokomotive verbunden. Das Lokomotivgewicht wird nun entweder durch diesen Zapfen, der dann als Kugelzapfen ausgebildet ist, unmittelbar auf das Drehgestell übertragen, oder es drückt auf zwei in der Mitte zwischen den Achsen liegende Gleitplatten, die das Drehgestell zwischen den Rädern belasten. Vielfach kann sich der Mittelzapfen im Drehgestell seitlich verschieben, wodurch die Durchfahrt durch Krümmungen noch mehr erleichtert wird. Die Rückstellung des Drehzapfens in seine Mittellage geschieht dann durch Federn, die bei einer Seitenverschiebung des Zapfens zusammengedrückt werden.

Drehbare Achsen sind solche, die sich bei der Fahrt der Lokomotive in Krümmungen frei in die Richtung des Halbmessers, d. h. nach dem Krümmungsmittelpunkt zu, einstellen können. Bekannte Ausführungen sind die von Adams und Webb. Die beiden Achslager sind durch ein sattelförmiges Verbindungsstück vereinigt, die Anlageflächen der Achsbüchsen an die Achsbüchsenführungen nach einem Kreisbogen gekrümmt, so daß sich die erwähnte radiale Einstellung ermöglichen läßt. Die Rückstellung in die Mittellage wird durch Federn erreicht, oder es werden auf den Lagern Keilflächen angebracht, die bei einem Seitenausschlag der Achse ein Anheben

der Lokomotive bewirken; läuft dann die Lokomotive wieder in die Gerade ein, so bewirkt das Eigengewicht der Maschine eine Rückstellung der Achse in die Mittellage.

Ein Drehgestell, das sich besonders bewährt hat, ist das von der Lokomotivfabrik Krauß in München entworfene *Krauß-Helmholtz-Drehgestell*. Fig. 1040 zeigt die Einstellung einer mit diesem Drehgestell versehenen 1 C gekuppelten Lokomotive bei der Fahrt in einer Krümmung. Das Drehgestell besteht aus einer in einem dreieckigen Rahmen oder einer dreieckigen Deichsel gelagerten Achse 1; der Rahmen dreht sich um den festen Punkt 4 der Lokomotive. Bei der Einfahrt in die Krümmung legt sich nun der äußere Flansch der Achse 1 im Punkt 3 an den Schienenkopf an, wodurch eine Drehung der Achse und des Rahmens um den Punkt 4 bewirkt wird. Das hintere Ende des Rahmens greift dabei in eine Gabel ein, die an einem Verbindungsstück der Achslager der Achse 2 sitzt, und verursacht durch seine Drehung eine *Seitenverschiebung* der letzteren nach der äußeren Schiene. Die Achse 2 ist dabei eine Kuppelachse; es kann also bei Lokomotiven mit Kraußchem Drehgestell ein größerer Teil des Gesamtgewichts zur Triebachslast herangezogen werden als bei Lokomotiven mit drehbaren Laufachsen und Drehgestellen. Bei der neuesten Ausführung des Drehgestelles ist die Achse 1 in dem vorderen Ende der Deichsel noch besonders drehbar, wodurch einige Nachteile der älteren Bauart vermieden werden sollen. Die perspektivische Fig. 1041 dieses Drehgestelles läßt die einzelnen Teile gut erkennen.

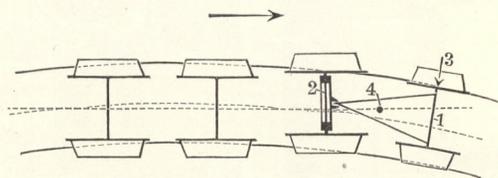


Fig. 1040. Lokomotive mit Kraußchem Drehgestell (schematisch).

Störende Bewegungen der Lokomotiven. Zur Erzielung eines leichten Laufes der Lokomotive läßt man den Spurkränzen der Achsen zwischen den Schienenköpfen Spiel und macht die Lauffläche der Räder konisch, damit die Lokomotive immer möglichst in der Mitte des Gleises läuft. Die konische Form der Radreifen ist auch deshalb gewählt, damit bei der Fahrt durch Krümmungen, wobei der äußere Schienenstrang länger ist als der innere, die Achse ohne Gleiten rollen kann. Das Rad auf der äußeren Schiene muß nämlich einen längeren Weg durchlaufen als das auf der inneren Schiene; wären die Laufflächen zylindrisch, so müßte eines der Räder gleiten, da beide Räder fest auf der Achse sind. Der Flansch des äußeren Rades läuft an den Schienenkopf an, der größere Durchmesser des Rades rollt also auf dem größeren Weg der äußeren Schiene, während das innere Rad mit seinem kleineren Durchmesser auf der inneren, kürzeren Schiene rollt.

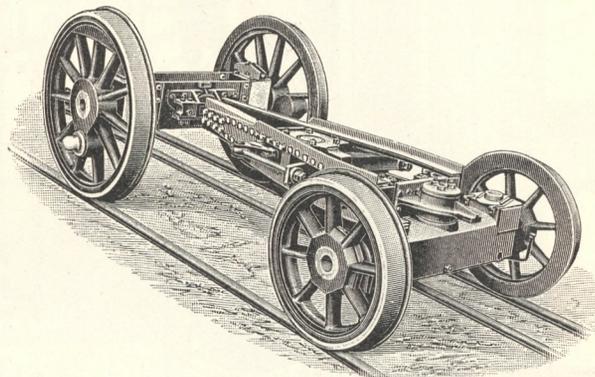


Fig. 1041. Kraußches Drehgestell.

Auf der geraden Strecke liegen die einzelnen Schienenstöße, d. h. die Verbindungsstellen der Schienen, sich gegenüber, die Räder einer Achse treffen also immer gleichzeitig die Vertiefung zwischen den Schienen; es entsteht dadurch eine Abwärtsbewegung der Lokomotive, die sich in regelmäßigen Zwischenräumen wiederholt (*Nicken* oder *Stampfen* der Lokomotive). Da die Umdrehung der Räder der Lokomotive durch einen Kurbelmechanismus erfolgt, wird die Triebachse nicht gleichmäßig angetrieben, weil der Hauptdruck auf den Kurbelzapfen in der ersten Hälfte des Hubes am größten ist. Diese Ungleichförmigkeiten rufen das *Zucken* der Lokomotive hervor, das sich dadurch äußert, daß diese sich nicht mit gleichförmiger Geschwindigkeit, sondern ruckweise bewegt. Infolge der Kurbelversetzung um 90° bei einer Zweizylinderlokomotive geschieht der Antrieb auf beiden Seiten nicht gleichzeitig mit derselben Größe; die Folge davon ist eine schlangenförmige Bewegung der Lokomotive im Gleise (*Schlingern*). Die wechselnden Kreuzkopfdrucke bei einer Umdrehung der Triebachse bewirken ferner ein Schwanken der Lokomotive um die wagerechte Längsachse (*Wanken*).

Man sucht die Ursachen der störenden Bewegungen durch entsprechende Bauart der

Lokomotive zu beseitigen. Durch Anbringen von Gegengewichten in den Rädern, welche die Wirkungen der hin und her gehenden Massen der Kolben, Kolbenstangen, Kreuzköpfe, Kurbeln und Kuppelstangen teilweise aufheben, werden die Zuckbewegungen gemildert. Bei Vierzylinderlokomotiven ergibt die Triebwerksanordnung einer Seite schon einen guten Massenausgleich, da je zwei Kurbeln einer Seite unter 180° versetzt sind, die Wirkungen der hin und her gehenden

Massen sich also aufheben. Ein langer Radstand und richtig gewählte Federanordnungen verringern die anderen Störungen auf ein erträgliches Maß. Vorteilhaft für den ruhigen Lauf der Lokomotive ist natürlich auch ein kräftiger, gut unterhaltener Oberbau.

5. Beschreibung einiger ausgeführter Lokomotiven für normalspurige Hauptbahnen.

Lokomotiven zur Beförderung von Personen- und Schnellzügen, die vorwiegend auf Flachlandstrecken verkehren, werden meist als 2-B Lokomotiven gebaut. Sie besitzen ein unter der Rauchkammer liegendes zweiachsiges Drehgestell, die Triebachse liegt dann vor, die Kuppelachse hinter der Feuerkiste. Diese Bauart eignet sich besonders für schnellen Gang und ist für die erwähnten Zwecke die meistgebrauchte Type. Sie kann bei Anwendung von Heißdampf etwa bis 1000 Pferdestärken leisten.

Eine Zweizylinder-Heißdampflokomotive der Preussischen Staatsbahnen dieser Gattung ist im Klappmodell dargestellt. Ihre Hauptabmessungen sind:

Zylinderdurchmesser	550 mm
Kolbenhub	630 -
Triebraddurchmesser	2100 -
Rostfläche	2,29 qm
Verdampfungsheizfläche	138,9 -
Überhitzungsheizfläche	37,4 -
Reibungsgewicht betriebsfähig	32,0 t
Lokomotivgewicht -	57,6 -

Die Lokomotive ist neuerdings auch für dieselbe Bahn versuchsweise mit Gleichstromzylindern ausgerüstet worden.

Bei höheren Leistungen kommt man mit dem bei der 2-B Bauart zulässigen Höchstgewicht von 50—55 Tonnen nicht mehr aus, man muß dann noch eine Achse mehr nehmen. Es entstand so die 2-B-1 Bauart, in Amerika als *Atlantic-Type* bekannt. Eine derartige Lokomotive zeigen Fig. 1042 und 1043, nämlich eine vierzylinderige Verbundlokomotive der badischen Staatsbahnen, von der Firma Maffei in München gebaut. Die vier

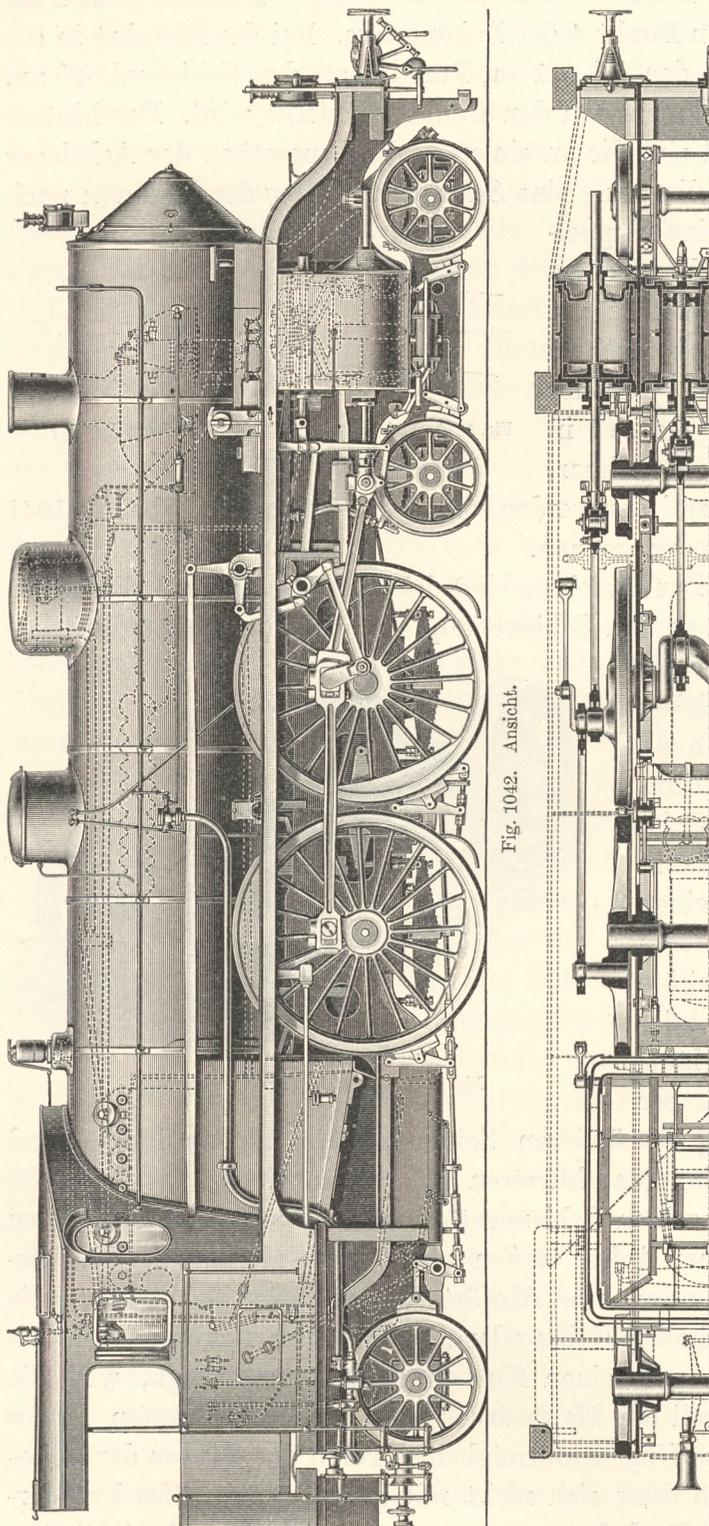


Fig. 1042. Ansicht.

Fig. 1043. Grundriß.

Fig. 1042 und 1043. 2-B-1 Vierzylinder-Verbund-Schnellzuglokomotive der Badischen Staatsbahn.

Zylinder liegen in einer Ebene unter der Rauchkammer; die außenliegenden Niederdruckzylinder von 570 mm Durchmesser und die innenliegenden Hochdruckzylinder greifen die erste Achse an, die also als Kropfachse ausgebildet sein muß. Die Lokomotive hat vorn ein zweiachsiges Drehgestell und hinten eine radial einstellbare Achse, der Rahmen ist als Plattenrahmen ausgeführt. Die Feuerkiste mit einer 3,28 qm großen Rostfläche ragt weit über den Rahmen seitlich hinaus. Zur Verminderung des Luftwiderstandes sind Rauchkammertür, Zylinderdeckel und Führerhaus mit Windschneiden versehen.

Für noch größere Leistungen, besonders zur Beförderung schwerer Schnellzüge über Gebirgsstrecken, dient die 2-C-1 Bauart, die also drei Kuppelachsen hat. Fig. 1044 zeigt eine der leistungs-

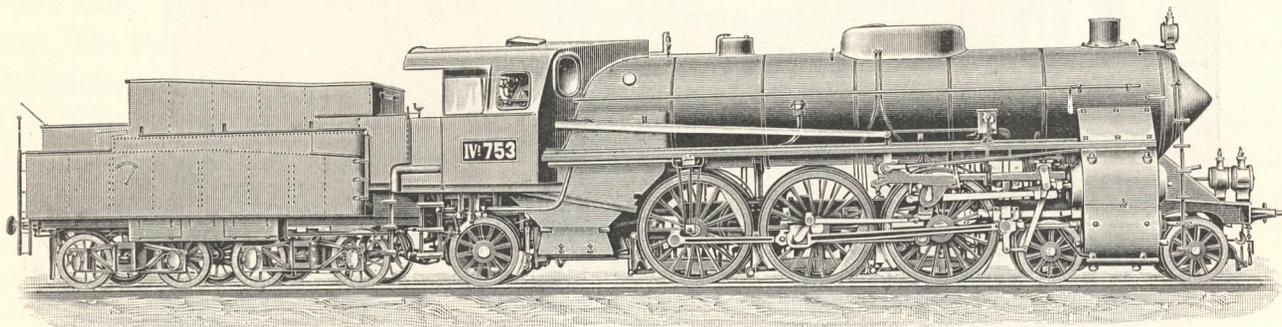


Fig. 1044. 2-C-1 Heißdampf-Vierzylinder-Verbund-Schnellzuglokomotive mit Schmidtschem Rauchröhrenüberhitzer.

fähigsten europäischen Lokomotiven, die ebenfalls von der Firma Maffei in München für die badischen Staatsbahnen gebaut ist. Sie ist eine Heißdampf-Vierzylinder-Verbundlokomotive; die innenliegenden Hochdruckzylinder von 425 mm Durchmesser sowie die außenliegenden Niederdruckzylinder von 650 mm Durchmesser greifen die zweite, d. h. die mittlere Kuppelachse an. Der

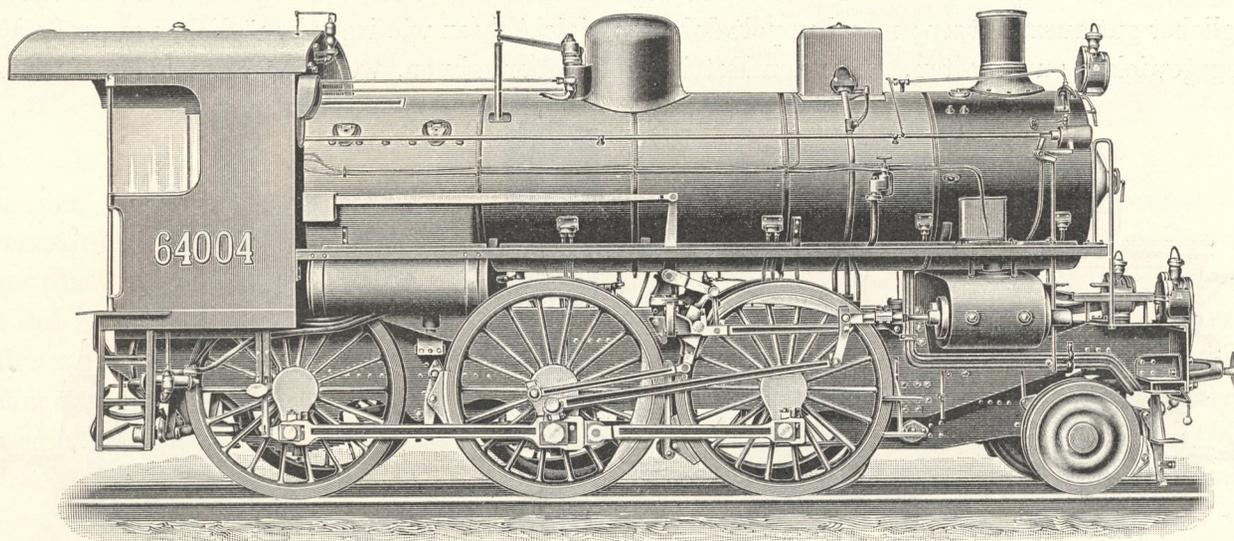


Fig. 1045. 1-C Heißdampf-Zwillingslokomotive mit Rauchröhrenüberhitzer.

Triebraddurchmesser beträgt 1800 mm, die wasserverdampfende Kesselheizfläche 218,72 qm; der Rauchröhrenüberhitzer der Bauart Schmidt hat eine Heizfläche von 50 qm, die Rostfläche ist 4,5 qm und ebenfalls breit ausgeführt. Der Rahmen, ein geschmiedeter Barrenrahmen, läßt das innere Triebwerk gut erkennen. Das Dienstgewicht der Lokomotive in betriebsfähigem Zustande beträgt etwa 88 Tonnen. Rauchkammertür und Führerhaus sind mit Windschneiden versehen. Der Tender ist vierachsig und faßt 20 cbm Wasser und 7 Tonnen Kohle.

Für kleinere Kesselleistungen als die obige Lokomotive wird vielfach eine 2-C Bauart verwendet, die sich in Zwei- oder Vierzylinderbauart als Heißdampfmaschine viele Anhänger erworben hat. Für leichtere Personenzüge auf Hügellandstrecken wird vielfach die 1-C Bauart verwendet. Fig. 1045 zeigt eine derartige 1-C Heißdampf-Zwillingslokomotive der italienischen Staatsbahnen,

die von der Berliner Maschinenbau-Aktiengesellschaft vorm. L. Schwartzkopff in Berlin gebaut ist. Sie hat einen Schmidtschen Rauchröhrenüberhitzer und innenliegende Zylinder von 540 mm Durchmesser; die außenliegenden Kolbenschieber geben der Lokomotive ein eigenartiges Aussehen. Sie besitzt vorn ein sogenanntes *Zaradrehgestell*, das dem Kraußschen Drehgestell ähnlich ist; die schmale, zwischen den Rädern liegende Feuerkiste steht auf dem Rahmen.

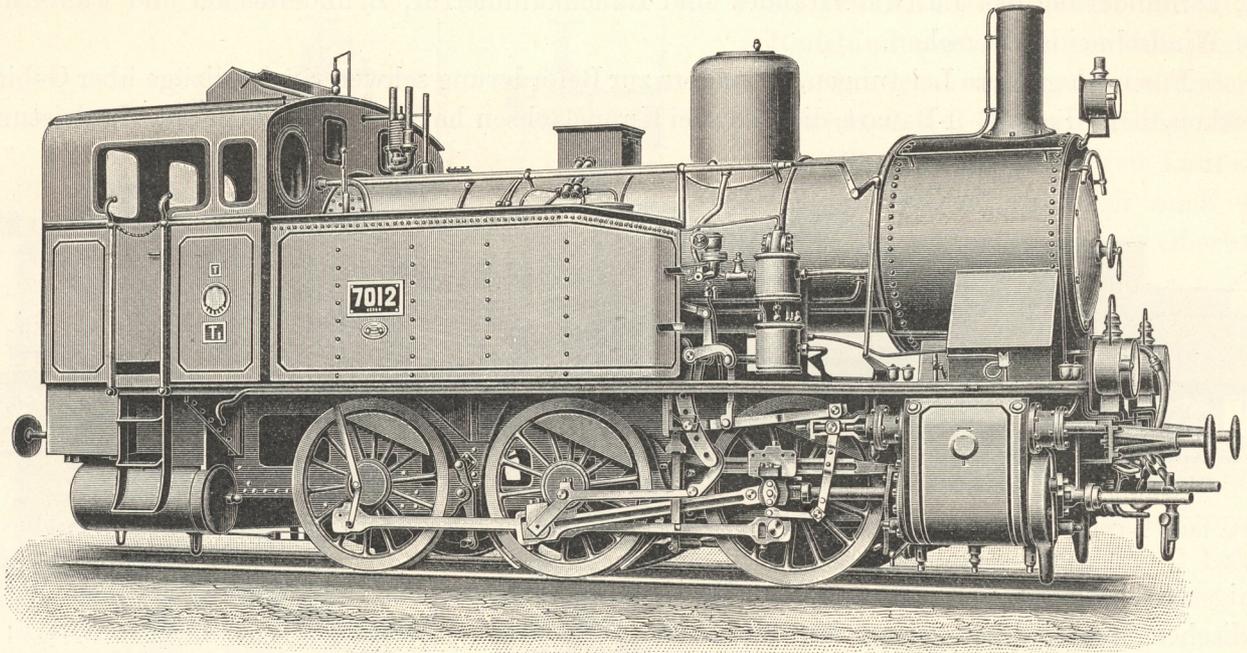


Fig. 1046. C Heißdampf-Tenderlokomotive.

Bei Güterzuglokomotiven kommt es hauptsächlich darauf an, die Zugkraft der Lokomotive möglichst gut auszunutzen; man kuppelt daher so viele Achsen wie irgend möglich, um große Reibungsgewichte zu erhalten. Für den Betrieb auf Nebenbahnen, wo keine allzu hohen Anforder-

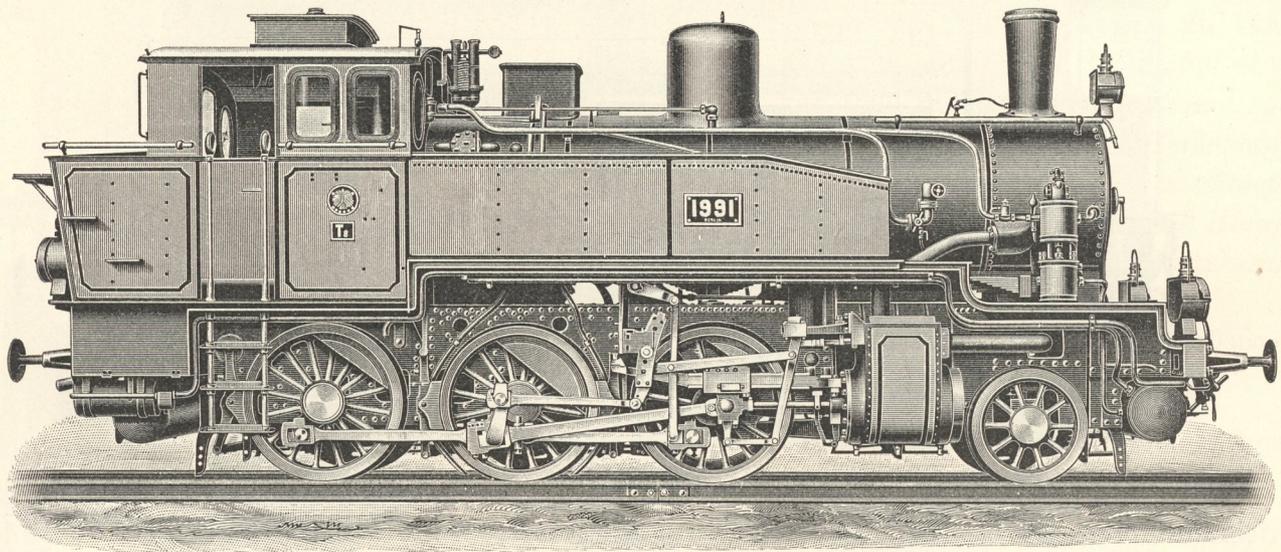


Fig. 1047. 1-C Naßdampf-Zwillingslokomotive von Orenstein & Koppel, Berlin.

ungen an die Leistungsfähigkeit der Lokomotive gestellt werden, genügt die C Bauart. Fig. 1046 stellt eine C Heißdampf-Tenderlokomotive der Preußischen Staatsbahnen dar, die von der Breslauer Maschinenbau-Anstalt entworfen und erstmalig gebaut ist. Sie hat einen Triebzylinderdurchmesser von 1350 mm, außenliegende Zylinder von 500 mm Durchmesser, die Rostfläche beträgt 1,48 qm, die wasserverdampfende Heizfläche 68,43 qm und die Überhitzerheizfläche 16,40 qm. Sie wiegt betriebsfähig etwa 43 Tonnen und nimmt 5 cbm Wasser sowie 1,4 Tonnen Kohle mit. Die Lokomotive hat sich trotz ihrer kleinen Heizfläche als außerordentlich

leistungsfähig erwiesen; sie beförderte Züge von 870 Tonnen Gewicht auf Steigungen von 1:150 mit noch 10 km Geschwindigkeit.

Für die Beförderung von Güterzügen auf kurzen Strecken werden meistens 1-C gekuppelte Tenderlokomotiven verwendet, die gleichzeitig für schweren Verschiebedienst sowie zur Beförderung von Personenzügen dienen können. Fig. 1047 zeigt eine 1-C gekuppelte Naßdampf-Zwillingslokomotive für die Preußische Staatsbahn nach einer Ausführung der Lokomotivfabrik von Orenstein & Koppel, Berlin. Sie leistet ungefähr 500 PS, hat vorn ein Kraußsches Drehgestell und einen Kastenrahmen, der als Wasserbehälter dient. Außerdem sind zu beiden Seiten des Kessels vor dem Führerhaus noch besondere Wasserbehälter angeordnet, so daß sie ungefähr 7 cbm mitführen kann. 2 Tonnen Kohle werden in einem hinter dem Führerhaus angebrachten Kasten verladen. Die beiden außenliegenden Zylinder von 450 mm Durchmesser liegen hinter der Laufachse, die Kolben treiben die zweite Triebachse an.

Für ganz schwere Güterzüge wird neuerdings vielfach die E Bauart gewählt. Fig. 1048 stellt eine derartige Tenderlokomotive der französischen Südbahn dar, die von Schwartzkopff in Berlin gebaut ist. Sie ist mit einem Rauchröhrenüberhitzer ausgerüstet und arbeitet mit einfacher Dampf-

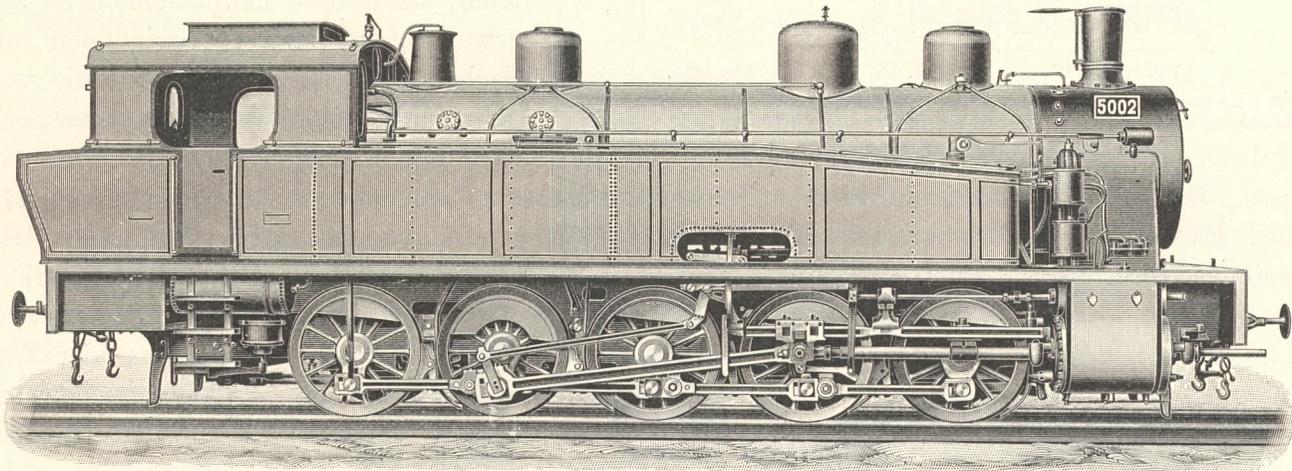


Fig. 1048. E Tenderlokomotive von L. Schwartzkopff, Berlin.

expansion. Zum besseren Durchfahren enger Krümmungen sind die Achsen derart angeordnet, daß die erste, dritte und fünfte Achse seitlich um 26 mm verschiebbar sind, während die zweite und vierte (die Triebachse) fest im Rahmen gelagert sind. Trotz des festen Radstandes von 3100 mm und des Gesamtradstandes von 6200 mm kann die Lokomotive durch Krümmungen von 100 m Halbmesser fahren. Um die Triebstange nicht zu lang zu bekommen, wurde die Kolbenstange verlängert und mit einer besonderen Führung versehen. Die Lokomotive besitzt zwei seitliche Wasserkasten; ein dritter ist innerhalb des Rahmens angeordnet und dient gleichzeitig als Querversteifung für diesen. Der Rost ist teilweise als Kipprost ausgebildet, die Feuertür schlägt nach innen auf, so daß sie sich bei etwa heraustretenden Dampfstrahlen infolge Undichtigkeiten der Feuerbuchse von selbst schließt. Die Zylinder haben 630 mm, die Triebräder 1350 mm Durchmesser. Die Rostfläche beträgt 2,73 qm, die wasserverdampfende Heizfläche 141,8 qm, die Überhitzerheizfläche 44,2 qm. Sie wiegt leer 66,5 Tonnen, betriebsfähig etwa 85,6 Tonnen.

6. Besondere Lokomotiven.

Außer den normalen Lokomotivtypen werden besondere Ausführungsformen erforderlich bei dem Betrieb auf Bahnen mit großen Steigungen und kleinen Krümmungen, wie sie hauptsächlich bei Gebirgsbahnen auftreten. Unter starken Steigungen werden dabei solche bis zu 1:25 verstanden, also Strecken, die auf 25 m Länge 1 m Steigung haben. Bei Gebirgsbahnen ist es häufig nur unter Anwendung bedeutender Längenentwicklung der Bahn möglich, mit diesen Steigungen, die noch mit gewöhnlichen Reibungslokomotiven befahren werden können, auszukommen, wobei kostspielige Tunnels, Viadukte, Brücken usw. nicht zu umgehen sind.

Trotz dieser mit hohen Anlagekosten verknüpften Bauweise reicht vielfach das Reibungsgewicht der Lokomotive nicht aus, eine bestimmte Zuglast zu schleppen. Um nun Strecken, bei denen die Kosten den Bau neigungsvermindernder Werke geradezu verbieten würden, dennoch mit Lokomotiven befahren zu können, hat man *Zahnradbahnen* gebaut, bei denen erheblich größere Steigungen zugelassen werden können. Hier wird zwischen das Gleis eine Zahnstange gelegt, in die ein von der Lokomotivmaschine angetriebenes Zahnrad eingreift.

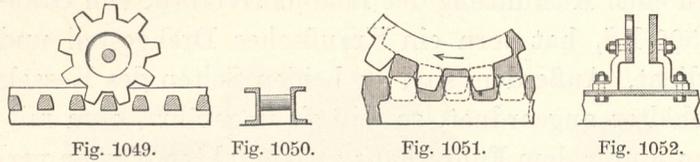


Fig. 1049. Fig. 1050. Riggenbachsche Zahnstange (Fig. 1049 Ansicht, Fig. 1050 Querschnitt). Fig. 1051 und 1052. Abts zweiteilige Zahnstange (Fig. 1051 Ansicht mit Eingriff des Zahnrades, Fig. 1052 Querschnitt mit Befestigung auf eiserner Querschelle).

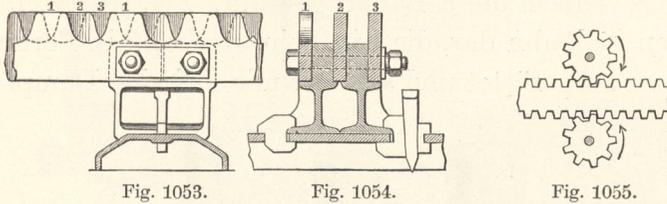


Fig. 1053 und 1054. Abts dreiteilige Zahnstange (Fig. 1053 Ansicht mit Befestigung auf eiserner Querschelle, Fig. 1054 Querschnitt). Fig. 1055. Wage-rechte Verzahnung.

Die erste Zahnradbahn führte der Schweizer Ingenieur Riggenbach in Europa im Jahre 1871 aus. Es war dies die Rigibahn, die von Vitznau zum Rigistaffel ansteigt. Diese Bahn, nach dem ersten System gebaut, weist Steigungen von 200—250 mm auf 1 m auf. Bei derartig starken

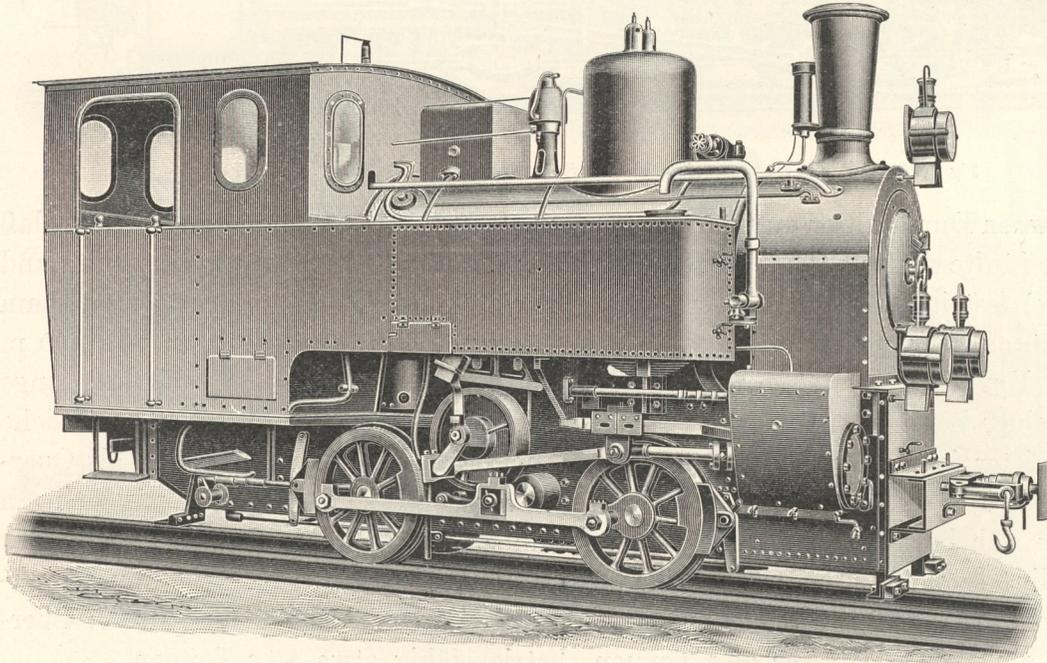


Fig. 1056. B Zahnradlokomotive von Orenstein & Koppel.

Steigungen werden besondere Vor-sichtsmaßregeln für den Betrieb erforderlich. Sehr wichtig sind die Bremsen der Zahnradlokomotiven; außer den gewöhnlichen Handbremsen verwendet man bei ihnen Gegendruckbremsen, die durch Zusammendrücken der Luft in den Dampfzylindern eine kräftige und gut regelbare

Bremswirkung haben; ferner ist die Lokomotive mit einer selbsttätigen Bremse ausgerüstet, die bei einer Geschwindigkeit von 12—15 km von selbst zu wirken anfängt. Die Zahnstangen haben verschiedene Form: Die *Riggenbachsche Zahnstange* (Fig. 1049 u. 1050) hat senkrechte Zähne; sie ist eine Leiterschiene, gebildet durch trapezförmige, zwischen zwei \square -Eisen eingenetete Zähne. *Abts zwei- und dreiteilige Zahnstange* besteht aus zwei (Fig. 1051 u. 1052) oder drei (Fig. 1053 u. 1054) Flacheisen, die mittels eiserner Stühle zwischen den Schienen auf eisernen Querschwellen befestigt sind, und deren jedes eine Zahnstange bildet. Die Zähne der Flacheisen sind in der Längsrichtung um die Hälfte bzw. ein Drittel

der Zahnteilung gegeneinander verschoben. Die Zahnräder der Lokomotive bestehen dabei der Breite nach aus zwei bzw. drei nebeneinander gelegten Zahnscheiben, jede etwa doppelt so dick wie die entsprechenden Flacheisen, in die sie eingreifen. Somit sind auch die Zähne der Räder um ebensoviel gegeneinander versetzt wie diejenigen der Zahnstange. Die einzelnen Zähne greifen mithin in ganz kurzen Zwischenräumen nacheinander ein, und stets nehmen mehrere Zähne gleichzeitig an der Druckübertragung teil, so daß die Bewegung sicherer, sanfter und stoßfreier wird, zumal da die einzelnen Zahnscheiben eines Triebrades eine ganz kleine federnde Bewegung gegeneinander gestatten, um etwaige Ungenauigkeiten der Zahnteilung auszugleichen. Endlich kommt noch die *wagerechte Verzahnung* (Fig. 1055) vor.

Fig. 1056 zeigt eine 125pferdige B gekuppelte Zahnradlokomotive von Orenstein & Koppel in Berlin von 850 mm Spur, die nach dem zweiten der genannten Zahnradsysteme gebaut ist.

Zylinderdurchmesser	300 mm	Zugkraft	6300 kg
Hub	400 -	Dampfdruck	12 Atm.
Raddurchmesser	800 -	Raum für Wasser	1800 l
Radstand	1800 -	Raum für Kohle	600 l
Heizfläche	42 qm	Leergewicht	15 t
Rostfläche	0,7 -	Dienstgewicht	19 t

Bei dieser Lokomotive treiben die beiden außenliegenden Zylinder eine Zwischenwelle an, von der durch Zahnräder das Triebzahnrad für die Zahnstange gedreht wird. Die Achse des Triebzahnrades hat außen Kurbeln, durch die, wie in der Abbildung ersichtlich ist, mittels Kurbelstangen die Lokomotivreibungsachsen angetrieben werden; Zahnrad und Lokomotivachsen sind also zwangläufig gekuppelt. Auf flacheren Strecken fährt die Lokomotive wie eine gewöhnliche Reibungslokomotive, die Zahnstange ist hier entbehrlich; auf stärkeren Steigungen arbeiten dann Zahnrad und Reibräder zusammen. Erfordernis bei dieser Lokomotivart ist, daß die Zahnraddurchmesser und Lokomotivraddurchmesser gleichgroß sind, da sonst ein Gleiten der letzteren stattfindet, wodurch sich natürlich ein größerer Kraftverbrauch bzw. ein schwererer Lauf der Lokomotive ergeben würde.

Zahnradbahnen mit flachliegenden Zahnstangen werden bis zu Steigungen von 1:3 bis 1:4 gebaut, bei noch stärkeren Steigungen wird der Eingriff des Zahnrades zu unsicher. Zahnradlokomotiven der *Bauart Locher* arbeiten mit zwei senkrecht angetriebenen Zahnrädern, die in eine mit seitlich stehenden Zähnen versehene Zahnstange (ähnlich wie in Fig. 1055) eingreifen. Derartige Bahnen sind bereits mit einer gerade noch ausführbaren Steigung von 1:2 gebaut. Zweckmäßig wählt man jedoch bei Steigungen über 1:3 statt des Zahnradantriebes Seiltrieb.

Seilbahnen. Bei solchen zieht man den Wagen durch ein Seil auf den Berg hinauf. Dieses wird entweder von einer obenstehenden Dampfmaschine angetrieben, oder man benutzt zwei Wagen, die an jedem Ende des Seiles befestigt sind. Fährt der eine herunter, so zieht er den anderen hinauf. Der zu Tal gehende Wagen muß dabei natürlich schwerer sein als der aufwärtsfahrende; man erreicht dies dadurch, daß man in den ersteren Wasser einfüllt, das unten wieder herausgelassen wird. Besondere Sorgfalt muß auf die Konstruktion der Bremsen gelegt werden, da ein Seilbruch schreckliche Folgen haben könnte. Durch besondere Bremszahnräder wird bei Überschreitung einer gewissen Geschwindigkeit selbsttätig der Wagen gebremst; auch verwendet man Bremsen, die sich zangenartig unter den Kopf einer besonderen Fahrschiene legen. —

Sind die Neigungswechsel einer Bahnstrecke nicht so stark, daß man zum Zahnradbetrieb übergehen muß, genügt also der Reibungsbetrieb noch, so erfordern Güterzuglokomotiven viele Kuppelachsen, um das nötige Reibungsgewicht und damit die erforderliche Zugkraft herauszubekommen. Die gewöhnliche Bauart der Lokomotiven gestattet aber nur eine geringe Anzahl fester Achsen, höchstens drei, unterzubringen, da der größte feste Radstand nicht mehr als 4,5 m betragen soll. Bei mehr als drei Kuppelachsen ist man gezwungen, zu besonderen Hilfsmitteln zu greifen, um ein leichtes Durchfahren von Krümmungen zu ermöglichen, ohne daß ein schneller Verschleiß der Radflanschen oder gar Neigung zum Entgleisen auftritt.

Die Verwendung von in Krümmungen einstellbaren Laufachsen verbietet sich im allgemeinen für schwere Güterzuglokomotiven, da der auf sie entfallende Teil des Lokomotivgewichtes für das Reibungsgewicht und daher auch für die Zugkraft verloren geht. Man verwendet heutzutage für diese Fälle hauptsächlich drei Lokomotivbauarten: 1. die Doppellokomotivenbauart Mallet, 2. Lokomotiven mit Lenkachsen und 3. Lokomotiven mit verschiebbaren Achsen. Als vierte Art kann man noch die Doppellokomotiven rechnen, bei denen zwei Lokomotiven mit den Führerständen zusammengekuppelt sind.

Doppellokomotiven. Fig. 1057 stellt eine C+C gekuppelte Doppellokomotive dar, die von der Hannoverschen Maschinenbau-A.-G. vorm. Georg Egestorff in Hannover gebaut ist und für Militärzwecke auf ganz leichtem Feldbahnoberbau verwendet wird. Die Lokomotiven der Bauart Mallet sind durchweg als Verbundlokomotiven gebaut.

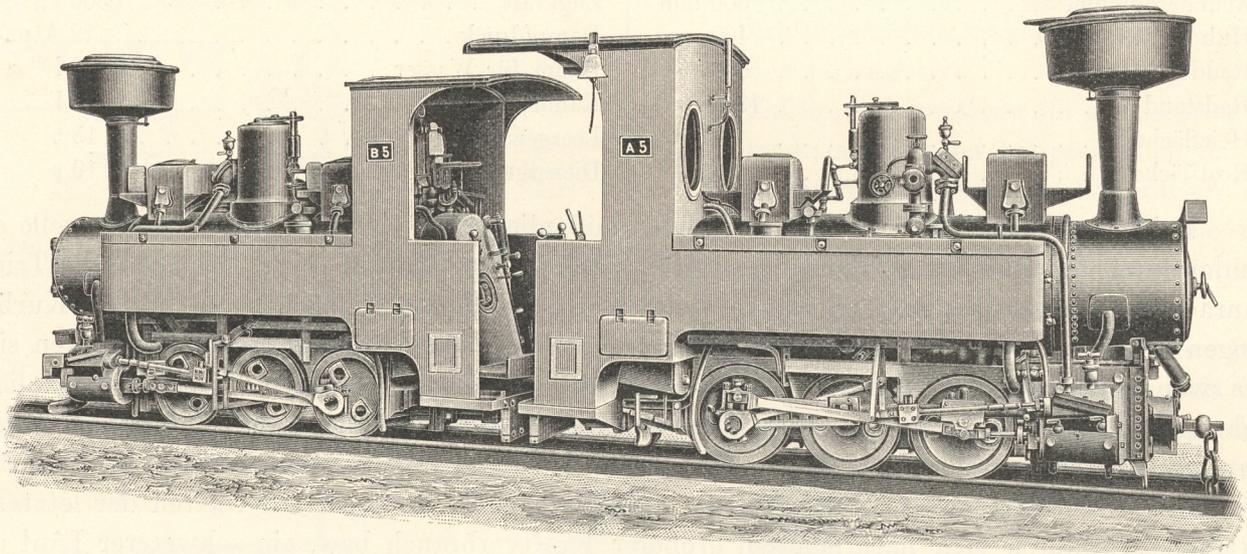


Fig. 1057. C+C Doppellokomotive der Hannoverschen Maschinenbau-Aktiengesellschaft.

Fig. 1058 zeigt eine etwa 500 PS leistende B+B gekuppelte Lokomotive der Firma Orenstein & Koppel in Berlin, die für eine Spurweite von 1000 mm gebaut ist.

Ihre Hauptabmessungen sind:

Zylinderdurchmesser	$2 \times \frac{360}{560}$ mm	Zugkraft	7500 kg
Kolbenhub	500 -	Dampfdruck	12 Atm.
Raddurchmesser	1000 -	Raum für Wasser	6000 l
Radstand	5600 -	Raum für Kohle	2000 l
Heizfläche	109 qm	Leergewicht	39 t
Rostfläche	1,9 -	Dienstgewicht	50 t

Die Hochdruckzylinder treiben die beiden hinteren Achsen an, die fest im Hauptrahmen der Lokomotive gelagert sind. Der aus den Hochdruckzylindern auspuffende Dampf gelangt durch eine bewegliche Rohrleitung in die Niederdruckzylinder, die an einem besonderen Drehgestell sitzen. Dieses ist durch senkrechte Gelenke mit dem Hinterteil verbunden, kann sich also unter der Lokomotive verdrehen. Die Niederdruckzylinder treiben die beiden Achsen des vorderen Gestelles an. Der Abdampf gelangt ebenfalls durch eine bewegliche Rohrleitung aus den Niederdruckzylindern in das Auspuffrohr in der Rauchkammer. Diese Lokomotivtype ist in Amerika bis zu riesenhaften Ausführungen gebaut worden.

Lokomotiven mit Lenkachsen. Unter den Lokomotiven mit gekuppelten Lenkachsen hat sich die Bauart Klien-Lindner bewährt. Die sogenannte *Klien-Lindnersche Hohlachse* (Fig. 1059) besteht aus einer in gewöhnlicher Weise angetriebenen Kernachse, die außen die Antriebkurbeln trägt, und einer Hohlachse, die mit den Rädern fest verbunden ist. Die Kernachse trägt in der Mitte einen kugelförmigen Wulst, an den sich zwei in der Hohlachse angeordnete Lager-schalen legen, so daß sich die Hohlachse nach allen Richtungen frei um die Kernachse drehen kann.

Damit sie nun an der Drehung der letzteren teilnimmt, ist durch die Mitte beider Achsen ein Bolzen gesteckt, der etwas Spiel in dem Gehäuse der Hohlachse hat, damit die erforderliche Verstellung beider Achsen zueinander ermöglicht wird; die Hohlachse kann sich also in Krümmungen beliebig gegenüber der fest im Rahmen gelagerten Kernachse einstellen. Bei der in Fig. 1060 dargestellten D Lokomotive von 180 PS und 750 mm Spurweite der Firma Orenstein & Koppel sind die beiden

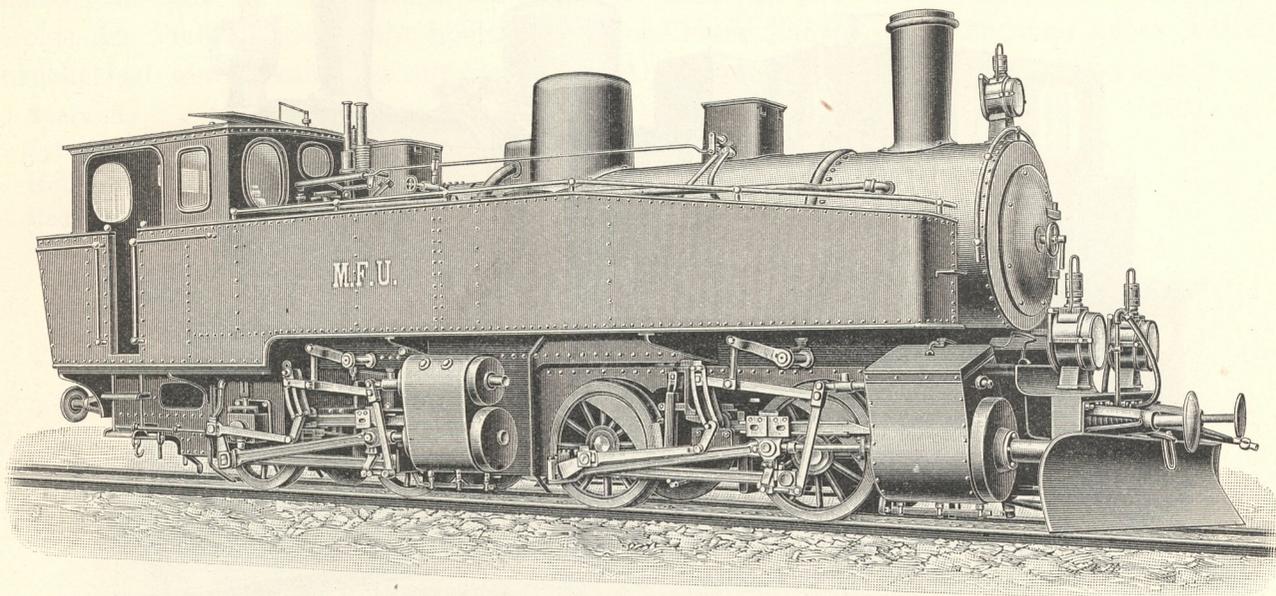


Fig. 1058. B+B Verbundlokomotive von Orenstein & Koppel.

Endachsen als Klien-Lindnersche Hohlachsen ausgebildet, so daß die Lokomotive nur zwei festgelagerte Achsen hat. Um eine richtige Einstellung der beiden Endachsen zu bewirken, sind bei der Maschine Gegenlenker angeordnet, welche die Hohlachse an zwei Hilfslagerstellen (1—1 in Fig. 1059) fassen; sie sind derartig miteinander verbunden, daß ein Ausschlag der vorderen Achse eine Drehung des vorderen Gegenlenkers, damit auch eine entsprechende Drehung des hinteren Gegenlenkers und ein richtiges Ausschlagen der hinteren Hohlachse bewirkt. Die Endachsen der Lokomotive werden also in Krümmungen zwangsläufig richtig eingestellt. Lokomotiven der Bauart Klien-Lindner haben sich besonders auf sächsischen Schmalspurbahnen, die größere Steigungen bei kleinen Krümmungshalbmessern aufweisen, sehr gut bewährt. Die abgebildete Lokomotive hat folgende Abmessungen:

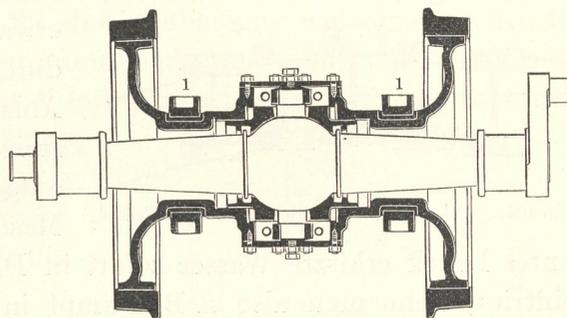


Fig. 1059. Klien-Lindnersche Hohlachse.

Zylinderdurchmesser	320 mm	Zugkraft	3700 kg
Kolbenhub	400 -	Dampfdruck	13 Atm.
Raddurchmesser	800 -	Raum für Wasser	2500 l
Radstand	3700 -	Raum für Kohle	950 l
Heizfläche	50 qm	Leergewicht	19 t
Rostfläche	0,9 -	Dienstgewicht	24 t

Lokomotiven mit verschiebbaren Achsen. Die dritte Ausführungsart für Lokomotiven, die zum Durchfahren enger Kurven bei verhältnismäßig vielen Kuppelachsen geeignet sind, ist die von Gölsdorf in Wien angegebene. Es wird dabei auf die radiale Einstellung der Endachsen verzichtet, diese bekommen nur ein entsprechendes Spiel in ihren Achs- und Stangenlagern, so daß sie sich um einen gewissen Betrag seitlich verschieben können. Die Achsen stellen sich also so ein, wie Fig. 1061 andeutet. Diese Lokomotiven unterscheiden sich äußerlich nicht von gewöhnlichen Lokomotiven mit festen Achsen, haben insbesondere keine schwer zugänglichen und komplizierten Teile (Vorzug vor den beiden vorgenannten Typen). Allerdings dürfen die

Krümmungen nicht allzu stark sein, da sonst die erforderliche Verschiebung der Endachsen zu groß und konstruktiv nicht mehr möglich wird.

Feuerlose Lokomotiven. Zum Betriebe auf Strecken, wo durch gewöhnliche Lokomotiven leicht Feuersgefahr entstehen kann oder sonstige Unannehmlichkeiten hervortreten können, wie

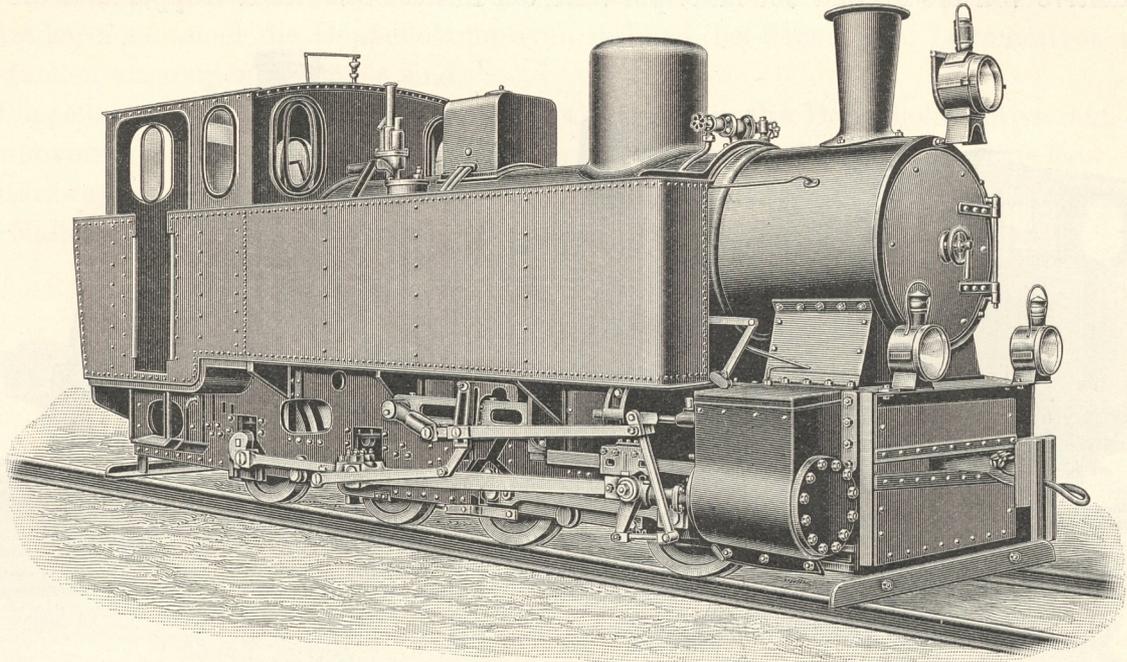


Fig. 1060. D Tenderlokomotive mit kurvenbeweglichen Hohlachsen (Klien-Lindner), von Orenstein & Koppel.

z. B. in Pulverfabriken, Tunneln, Bergwerken, eignen sich die feuerlosen Lokomotiven. Sie besitzen statt des gewöhnlichen Lokomotivkessels nur einen großen Behälter, der zu Beginn des Betriebes

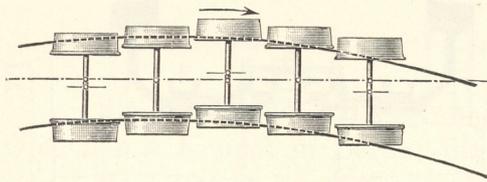


Fig. 1061. Achsenverschiebung, Bauart Gölsdorf.

etwa zu zwei Drittel mit Wasser gefüllt ist. Dieses wird durch hochgespannten Dampf, den man einer stationären Anlage entnehmen kann, auf etwa 190° erwärmt; dabei steigt der Druck im Behälter bis auf 13 at. Die im Kessel aufgespeicherte Wärme kann dann nach Belieben in der Maschine wieder in Arbeit umgewandelt werden, da das

unter Druck erhitze Wasser sofort in Dampf übergeht, wenn Druckverminderung im Kessel eintritt, wenn man also z. B. Dampf in die Zylinder eintreten läßt. Die Lokomotive kann so lange fahren, bis die Temperatur des Wassers bis auf etwa 120° gesunken ist, da dann die Spannung des Dampfes bis auf rund 2 at heruntergegangen ist.

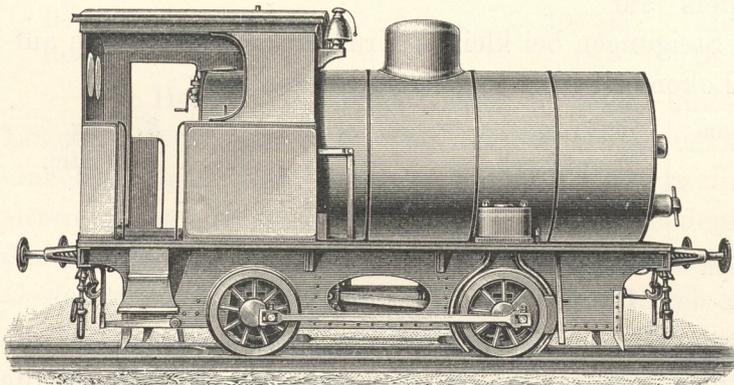


Fig. 1062. B gekuppelte feuerlose Verschiebelokomotive, Bauart Lamm-Francq.

Der Betrieb mit diesen Lokomotiven ist durchaus gefahrlos, da sich der Druck niemals steigert; eine Explosion des Kessels im Betrieb kann also nie stattfinden. Fig. 1062 zeigt eine derartige Lokomotive, die zum Rangieren auf Werkstattanlagen verwendet wird. Die Bedienung ist so einfach, daß sie von jedem Arbeiter vorgenommen werden

kann; die Lokomotive kann ohne jede Aufsicht längere Zeit stehen. Der Kessel ist zur Vermeidung von Abkühlungsverlusten sorgfältig gegen Wärmeausstrahlungen isoliert, wodurch der Druckabfall sehr gering wird; im Ruhezustande fällt die Spannung z. B. während der Nacht nur um einige Atmosphären.

Will man, wie z. B. in Bergwerken unter Tage, den Auspuff von Dampf vermeiden, so verwendet man neuerdings wieder mehr die *Druckluftlokomotiven*. In den auf Fig. 1063 ersichtlichen Kesseln wird Druckluft von hoher Spannung (100 at und mehr) aufgespeichert, die der Lokomotive an Füllstationen von einer Druckluftanlage geliefert wird. Diese hochgespannte Preßluft gelangt durch ein Reduzierventil in einen Kessel, der ungefähr 10 at Druck enthält; aus ihm geht die Luft in die Zylinder, wo sie Arbeit leistet. Die Betriebskosten sind infolge der Preßluftanlage sehr hoch; die Dauer einer Fahrperiode, die ohne neues Auffüllen zurückgelegt werden kann, ist nur klein. Die Abmessungen der Lokomotive sind folgende:

Spurweite	750 mm	Radstand	3700 mm
Zylinderdurchmesser	300 -	Leergewicht	27 t
Hub	400 -	Dienstgewicht	27,5 t
Raddurchmesser	800 -	Leistung	etwa 200 PS

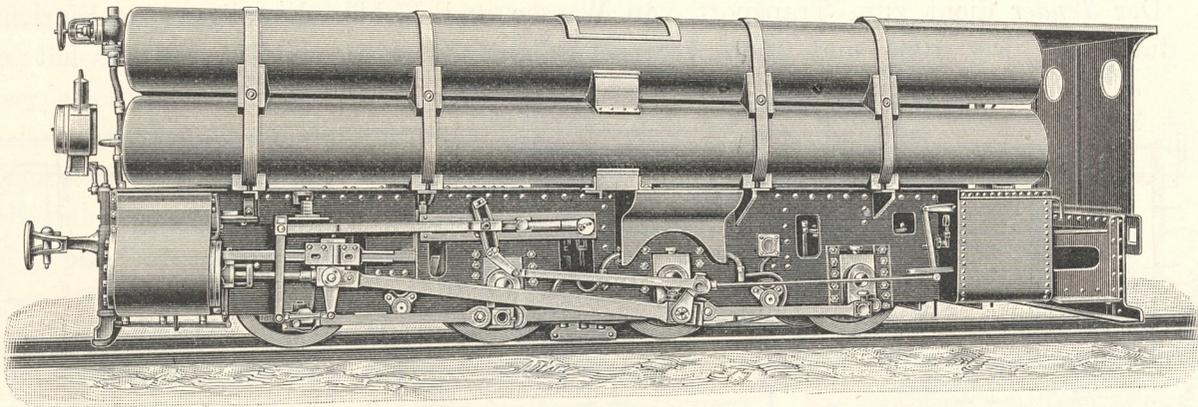


Fig. 1063. D Druckluftlokomotive von Orenstein & Koppel.

Benzin-, Spiritus-, Petroleumlokomotiven (vgl. S. 130) werden als Gruben-, Feld-, Wald-, Straßenbahn- und Verschiebelokomotiven verwendet. Sie sind unabhängig von ortfesten Kraftanlagen und stellen sich daher in Anlage, Unterhaltung und Bedienung billig. In verhältnismäßig geringen Mengen wird ein hochwertiger Brennstoff mitgeführt, dessen Wärmegehalt eine weitgehende Ausnutzung erfährt, der bei der Verbrennung keine Rückstände hinterläßt, und dessen Verbrennungsgase die Umgebung nur wenig belästigen. Für den Grubenbetrieb werden sie in der Regel mit 6—8pferdigen, für den Feldbahnbetrieb mit 8—14pferdigen Maschinen versehen. —

Für den Betrieb auf Bahnen, die durch Städte führen, eignen sich Lokomotiven gewöhnlicher Bauart insofern nicht, als das Triebwerk zu sehr unter Verschmutzung zu leiden hat; außerdem werden leicht Tiere durch die bewegten Stangen und das Geräusch des auspuffenden Dampfes scheu. Man verkleidet daher zweckmäßig die ganze Lokomotive; der Führerstand wird so angeordnet, daß die Lokomotive nach beiden Richtungen fahren kann, ohne den Führer an der Aussicht auf die Strecke zu hindern.

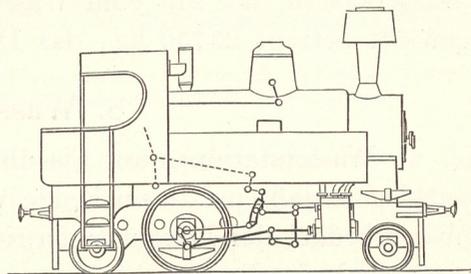


Fig. 1064. Lokomotive von Krauß & Co.

In letzter Zeit haben die Eisenbahnverwaltungen vielfach Versuche angestellt, leichte Züge auf Strecken geringeren Verkehrs durch sogenannte *Triebwagen* zu befördern. Diese werden von Dampfmotoren angetrieben, oder man verwendet die einfacheren Benzin- oder Petroleummotoren. Als Nachteil dieser Wagen muß angeführt werden, daß bei Schäden an der Antriebsmaschine oder an dem Wagen der ganze Zug dem Verkehr entzogen wird. Man geht daher in neuerer Zeit wieder vielfach zu leichten Lokomotiven über, die dadurch verhältnismäßig einfach gebaut werden können, daß die geforderte Leistung sehr gering ist. Die Bedienung ist nicht sehr schwierig, so daß vielfach nur ein Mann nötig ist; der Heizer kann noch als Schaffner den Zug bedienen. Fig. 1064 zeigt eine Lokomotive von Krauß & Co. in München, die nur eine Triebachse hat. Zur Vereinfachung des Heizens hat man bei diesen Lokomotiven vielfach selbsttätige Schüttfeuerungen eingebaut.

Einschienebahn (Gyrobahn). Ein Eisenbahnsystem, das in neuester Zeit viel von sich reden gemacht hat, ist die Einschienebahn, d. i. eine Bahn, die ohne jede weitere seitliche Stützung auf nur einer Schiene läuft. Es liegen zurzeit Versuchsergebnisse mit einigen Modellwagen von Brennan und Scherl vor, aus denen aber noch keine Schlüsse auf praktische Brauchbarkeit zu ziehen sind. Es erhält jeder Wagen, der durch beliebige Triebkraft in Bewegung gesetzt werden kann, ein System von zwei sich sehr schnell drehenden Kreiseln, die mit Hilfe von *Servomotoren* (Hilfsmotoren) das aufrechte Stehen des Wagens auf nur einer Schiene ermöglichen. Diese sogenannten *Stabilisierungseinrichtungen* sind aber derartig verwickelter Bauart, daß es fraglich ist, ob sie einen durchaus sicheren Betrieb gewährleisten können; ein gelegentliches Versagen derselben würde ein Umkippen des Fahrzeuges zur Folge haben.

7. Tender.

Der *Tender* dient zum Transport von Wasser und Kohle; die allgemeine Einrichtung wird durch die Fig. 1065 und 1066 veranschaulicht. Der abgebildete Tender hat einen

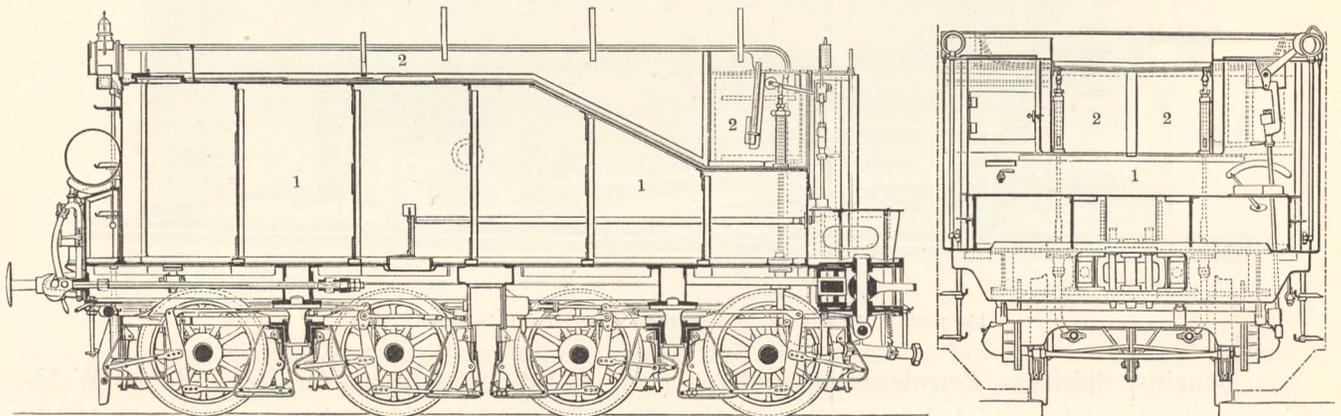


Fig. 1065. Längsschnitt.

Fig. 1066. Querschnitt.

Fig. 1065 und 1066. Tender (1—1 Raum für Wasser, 2—2 Raum für Kohle).

Wasserkasten, der 21,5 cbm Wasser faßt, und er vermag 5500 kg Kohle zu laden. Das Leergewicht beträgt 23750 kg, das Dienstgewicht 50750 kg.

8. Wasserversorgung der Eisenbahnen.

Wasserstationen auf Eisenbahnlinien sind in solchen Entfernungen und an solchen Orten anzulegen, daß eine ausreichende Versorgung der Lokomotiven mit Wasser ermöglicht wird. Der Wasserbedarf der Lokomotiven richtet sich nach Bauart, Zugstärke und Gelände. Er ist stark wechselnd, da die verschiedenartigsten Umstände eine Erhöhung verursachen können, und man damit rechnen muß, daß eine Wasserstation aus irgendwelchen Gründen kein Wasser liefern kann, in welchem Falle sich die Lokomotiven auf den Nachbarstationen versorgen müssen.

Tenderlokomotiven führen etwa 5—9 cbm Wasser mit sich, Lokomotiven mit besonderem Schlepptender 12—31 cbm. Eine Ergänzung des Tenderinhaltes wird auf Flachlandstrecken erforderlich nach einer Fahrt von:

90 bis 120—150 km bei Schnellzuglokomotiven	30 bis 60 km bei Güterzuglokomotiven
60 - 120 - - Personenzuglokomotiven	20 - 40 - - Tenderlokomotiven

Bei Strecken mit größeren Steigungen rechnet man etwa die Hälfte der obigen Zahlen, bei ausgesprochenen Gebirgsbahnen noch weniger. — Außer für Lokomotivspeisezwecke braucht man Wasser als Trink- und Waschwasser, zum Reinigen von Fahrzeugen, Bahnsteigen usw., für Feuerlöschzwecke, für Werkstätten, Kraftmaschinenanlagen usw.

Nach Ermittlung des voraussichtlichen Wasserbedarfes muß man sich für die Wasserentnahme entscheiden; diese kann erfolgen aus Quellen, Teichen, Flüssen, Brunnen oder vorhandenen Anlagen. Es kommt nun sehr auf die Beschaffenheit des Wassers an, besonders auf seinen Gehalt

an Beimengungen. Flußwasser ist in dieser Hinsicht am besten, da es die wenigsten festen Bestandteile enthält. Wasser ist als gut zu bezeichnen, wenn auf 1 l höchstens 150 mg feste Bestandteile, als mittelgut, wenn 150—250 mg, und als gerade noch brauchbar, wenn über 250 mg feste Bestandteile darin enthalten sind. Befinden sich in 1 l Wasser noch mehr feste Bestandteile, so muß vor der Verwendung eine chemische bzw. mechanische Reinigung stattfinden, durch die die Beimengungen, die bei der Verdampfung im Kessel zurückbleiben und Kesselstein bilden würden, möglichst weitgehend entfernt werden.

Mechanisch beigemengte Unreinigkeiten, wie Schlamm, Sand, Holzstückchen usw., lassen sich leicht durch Kiesfilter entfernen. Mehr Schwierigkeiten bereitet die Ausscheidung der im Wasser aufgelösten Beimengungen. Als solche sind hauptsächlich zu nennen: Eisenoxydul, Luft, Kohlensäure, Kalziumkarbonat (Kalk), Magnesiumkarbonat und Kalziumsulfat (Gips). Die *Wasserreinigung* geht nach verschiedenen chemischen Prozessen vor sich; die billigste und auch wohl am meisten gebrauchte Reinigung ist die mittels Kalk und Soda. Diese beiden Körper gehen mit den im Rohwasser gelösten Stoffen chemische, im Wasser unlösliche Verbindungen ein, die sich nachträglich durch Filtrieren entfernen lassen. Ein zu diesem Zweck bei Eisenbahnen vielfach angewendeter Apparat ist der von der Firma Reiser in Köln, in dessen Untertheil ein besonderes Kiesfilter eingebaut ist. Die Entfernung des Eisens, das leicht ein unangenehmes Verschlammen der Leitungen und Wasserkrane verursachen kann, geschieht mittels Durchlüftung des Wassers. Das im Wasser lösliche Eisenoxydul verwandelt sich nämlich bei Luftzutritt in unlösliches Eisenoxyd, das als brauner Schlamm leicht durch Filtration aus dem Wasser abzuscheiden ist.

Die *Wasserkrane*, mit deren Hilfe man das Wasser in die Wasserbehälter der Lokomotive einfüllt, bestehen aus einer hohlen Säule, die einen drehbaren Ausleger trägt. Dieser wird, wie Fig. 1067 zeigt, so über die Säule gestülpt, daß kein Wasser an der Verbindungsstelle hindurchtreten kann. Zur Vermeidung des Ausbreitens des an der Mündung austretenden Wasserstrahles werden neuerdings die Querschnitte der Ausgüsse vielfach wabenförmig gestaltet. Um Eisbildung zu verhindern, ist der in der Figur links neben der Säule befindliche Wasserschieber so ausgebildet, daß in geschlossenem Zustande das in der Säule stehende Wasser unten ablaufen kann.

Statt der eben beschriebenen Anlagen hat man, besonders auf Nebenbahnen und Kleinbahnen, wesentlich einfachere Arten zur Wasserspeisung. Man führt z. B. auf der Lokomotive einen Schlauch mit, durch den aus einem Brunnen oder Teich Wasser mit Hilfe von *Ejektoren* (den Injektoren — S. 49 — ähnlich) unmittelbar in den Tender gepumpt werden kann.

Wasserentnahme während der Fahrt. Die immer mehr gesteigerte Leistungsfähigkeit der Lokomotiven hat dazu geführt, daß die Tender im Laufe der Zeit an Gewicht beträchtlich zugenommen haben. Mit dem Anwachsen der Zuggewichte und der ohne Aufenthalt zu durchzufahrenden Strecken ist man bereits zu Tendern gelangt, die über 31 cbm Wasser mitschleppen müssen. Es trat daher der Gedanke auf, die mitzubefördernde tote Last, die der Tender darstellt, dadurch zu verringern, daß man das Speisewasser während der Fahrt ergänzt.

Bei amerikanischen und englischen Bahnen sind Einrichtungen getroffen, durch die von der Lokomotive mittels einer Schöpfkelle aus einem zwischen den Schienen angeordneten langen Kanal Wasser während der Fahrt in den Tender nachgefüllt werden kann (Fig. 1068 u. 1069).

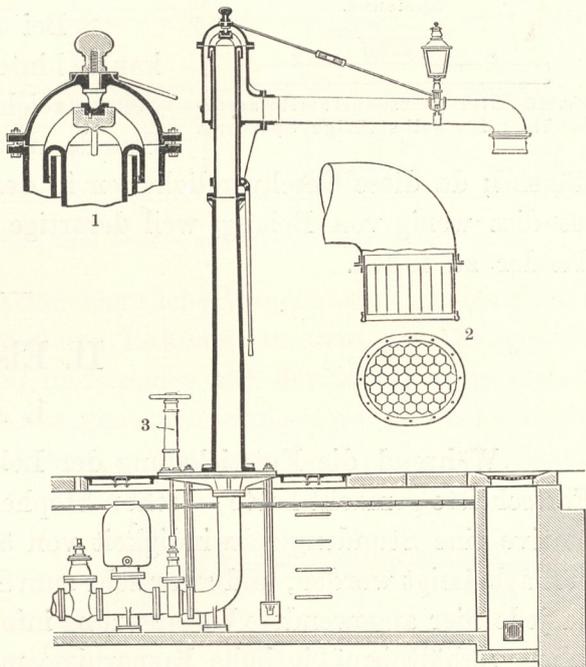


Fig. 1067. Wasserkran für 10 cbm/min. (1 Kopf des Auslegers, 2 wabenförmiger Ausguss, 3 Wasserschieber).

Der Führer senkt, wenn er an den Kanal herankommt, die Schöpfvorrichtung bis auf Schienenoberkante; um nun ein Abreißen dieses Wasserentnahmerohres zu verhindern, ist das Gleis auf die Länge, über die sich der Kanal erstreckt, um ein gewisses Maß gesenkt, so daß der Entnahmestutzen von selbst eintaucht. Man kann aber auch zur Vermeidung der Kosten, die mit dem Tieferlegen des Gleises verbunden sind, nur zu Anfang und Ende des Kanals eine kurze Erhöhung des Gleises anordnen, so daß die untere Kante der Schöpfkelle über die vordere und hintere Kante des Wasserkastens hinübergehoben wird. Die Wassertröge sind 600—700 m lang und haben

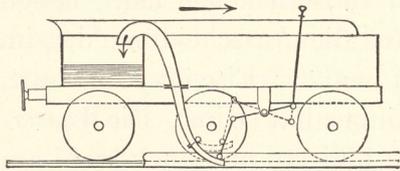


Fig. 1068. Tender mit selbsttätiger Speisung.

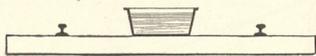


Fig. 1069. Gleisquerschnitt mit Wasserbehälter für selbsttätige Speisung.

etwa 15—20 cm Tiefe bei einer Breite von etwa $\frac{1}{2}$ m. Das Wasser wird bei schneller Fahrt durch den Gegendruck des fahrenden Zuges mit außerordentlicher Geschwindigkeit in den Tender geleitet. Um diese Geschwindigkeit bei Eintritt in den Wasserbehälter etwas zu ermäßigen, erweitert man das Tenderrohr nach oben hin etwa auf den doppelten Durchmesser, wie Fig. 1068 zeigt.

Bei sehr schnellem Fahren ordnet man mehrere Füllkanäle hintereinander an, die dem Führer durch besondere Signale gekennzeichnet werden. Bei Geschwindigkeiten unter 30 km in der Stunde wird die Wirkung der Schöpfvorrichtung nicht mehr genügend; da diese Geschwindigkeiten in der Hauptsache aber nur bei Güterzügen vorkommen, ist dies wenig von Belang, weil derartige Züge auf den Stationen hinreichend Zeit haben, ihre Tender zu füllen.

II. Eisenbahnwagen.

1. Allgemeines.

Während die Entwicklung der Lokomotive bereits in den ersten Anfängen bedeutende Fortschritte gemacht hatte — schon Stephenson erreichte 1830 mit einer von ihm gebauten Lokomotive eine Stundengeschwindigkeit von 58 km —, ist der Bau der Eisenbahnwagen lange Zeit vernachlässigt worden, und zwar sehr zum Schaden der Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes, da jede hier angewendete Verbesserung infolge der erheblich größeren Anzahl vorhandener Wagen schon verhältnismäßig hohe Ersparnisse mit sich bringt.

Die ersten Eisenbahnwagen ahmten noch vollständig die bis dahin gebrauchten Postkutschen nach. Die Personenwagen waren teilweise sogar offen, so daß die Insassen allen Witterungseinflüssen ausgesetzt waren. Heizung, Beleuchtung, gepolsterte Sitzbänke waren noch unbekannte Bequemlichkeiten, so daß reiche Leute vielfach in ihren eigenen Kutschen fuhren, die auf einem offenen Güterwagen festgebunden wurden. Gepäck wurde auf den Dächern untergebracht.

In dem Maße, wie sich der Verkehr steigerte, wurden die Betriebsmittel verbessert. Schon zu Anfang der 1840er Jahre baute man in Amerika vierachsige Wagen mit zwei Drehgestellen, die auch auf europäischen Bahnen Verwendung fanden, jedoch wurden sie dann wieder abgeschafft. Nach und nach wurden immer mehr Verbesserungen bezüglich der Bauart, Ausstattung und Bequemlichkeit für die Reisenden eingeführt, so daß die heutigen Eisenbahnwagen auch vermöhnten Ansprüchen Rechnung tragen.

Ein Eisenbahnwagen muß um so kräftiger gebaut sein, je stärker er belastet wird und je schneller er fahren soll; in demselben Grade müssen auch die Federung und das Laufwerk immer sorgfältiger durchgebildet werden, da die Gefahren des Eisenbahnbetriebes naturgemäß mit der Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit schnell steigen.

Die Natur der Sache bringt es mit sich, daß die Wagen zum *Gütertransport* so leicht als möglich gebaut werden, damit das Verhältnis der Nutzlast zum Eigengewicht möglichst groß bzw. die zu befördernde sogenannte „tote Last“ des Wagens möglichst klein wird. Anders bei *Personenwagen*, wo dem Reisenden, je nach dem von ihm entrichteten Fahrpreis, ein mehr oder minder großer Raum zur Verfügung gestellt werden muß. Mit der Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit