

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.

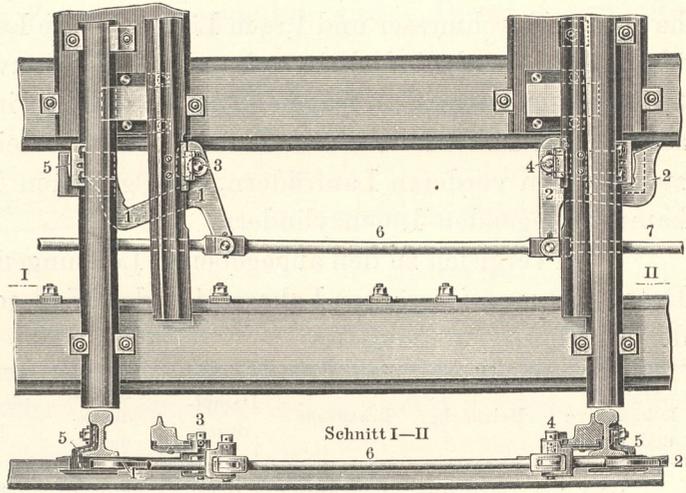


Fig. 1014. Zungenvorrichtung mit Hakenweichenschloß.

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	Kessel-durchmesser	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 *Schleppender*. 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

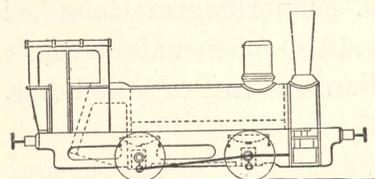


Fig. 1015. Tenderlokomotive.

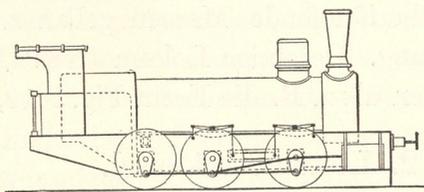


Fig. 1016. Güterzuglokomotive.

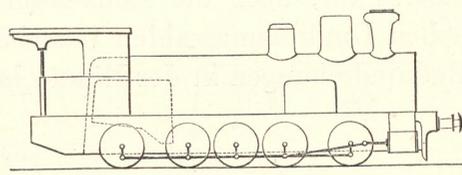


Fig. 1017. Güterzuglokomotive für große Steigungen.

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

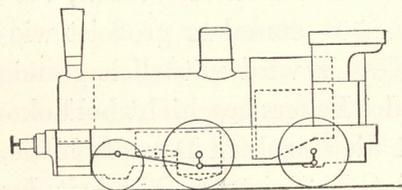


Fig. 1018. Personenzuglokomotive.

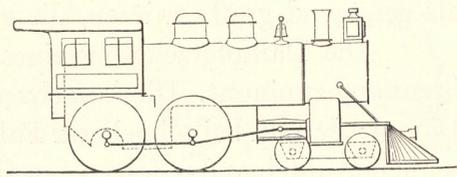


Fig. 1019. Amerikanische Personenzug- und Schnellzuglokomotive.

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