

Das Eisenbahnwesen.

Von Regierungsbaumeister C. Klug, Charlottenburg.

A. Allgemeines.

Vorläufer der heutigen Eisenbahnen sind die ebenen oder vertieften *Spurbahnen*, deren Technik schon im Altertum entwickelt war. Der deutsche Bergbau benutzte im 16. Jahrhundert ausgehöhlte Bahnen und Gleise zur leichtern Fortschaffung der Förderwagen. Von Deutschland aus gelangten diese Spurbahnen nach England. Hölzerne Schienenwege als Ersatz für die gewöhnlichen Straßen wurden in England zwischen 1602 und 1649 zuerst angewendet. 1765 bestanden in Newcastle Spurbahnen zum Transport der Kohlen zur Verschiffungsstelle. Sie wurden fallend gebaut und bestanden aus Querschwellen, auf denen starke Eichenbohlen eingezapft waren; auf diesen bewegten sich die Fuhrwerke, von Pferden gezogen, durch Räder mit nach einwärts vorstehenden Rändern. 1767 belegte das Eisenwerk Colebrook Dale einen der Spurwege des Werkes mit gußeisernen Platten, und 1776 gab man diesen Schienen, die eine konkave Oberfläche hatten, an ihrer inneren Seite Erhöhungen, um die Karren sicherer im Gleise festzuhalten. Diese Schienen waren unmittelbar auf Langhölzern befestigt, die wieder auf Querhölzern ruhten. 1793 befestigte Josua Burns die Schienen mittels eiserner Nägel und Holzdübel auf Steinblöcken. Später krümmte man die untere Fläche der frei aufliegenden Schiene, um jeder Stelle gegen Bruch die gleiche Sicherheit zu geben, nach der Linie eines Fischbauches, und diese *Fischbauchschiene*, auf der die Räder mit vorspringenden Rändern liefen, und die an den Enden in gußeisernen, meist von Steinwürfeln unterstützten Stühlen ruhte, gelangte auf fast allen Bahnen, die vom Ende des 18. Jahrhunderts an in rascher Aufeinanderfolge im nördlichen England entstanden, zur Anwendung. Seit 1808 begann man das Gußeisen durch Schmiedeeisen zu ersetzen, und Robert Stephenson verwendete zuerst beim Bau der London-Birminghamer Bahn Schienen mit symmetrischem Querschnitt, wie sie noch gegenwärtig benutzt werden. Die *Fuhrwerke* waren, solange sie auf gußeisernen Schienen liefen, klein; die Räder bestanden aus Gußeisen und saßen fest auf den Achsen. Nach der Herstellung der Schienen aus Schmiedeeisen, durch das die Räder verhältnismäßig schnell abgenutzt wurden, erfand man die Kunst, die Radreifen hart zu gießen.

Nachdem 1825 auf der 41 km langen Linie Stockton-Darlington der erste mit Personen besetzte Zug von einer Lokomotive befördert und 1830 die Strecke Liverpool-Manchester dem Personen- und Güterverkehr übergeben war, folgten mit dem Bau von Eisenbahnen 1827 die Vereinigten Staaten von Nordamerika, 1828 Österreich-Ungarn und Frankreich, 1835 Deutschland und Belgien, 1837 Kuba, 1838 Rußland, 1839 Italien und die Niederlande und 1840 Kanada, so daß bereits am Schluß des Jahres 1840 die Länge der Eisenbahnen in Europa 2925, in Amerika 4754 km betrug. Die Zunahme der Bahnlänge belief sich hierauf in Prozenten:

	1840—1850	1850—1860	1860—1870	1870—1880	1880—1890	1890—1900
in Europa	710	121	102	61	32	27
- Amerika	215	257	73	88	89	21
- Asien	—	—	486	99	107	79
- Afrika	—	—	350	156	104	114
- Australien	—	—	350	333	142	27

Erscheint hiernach die Eisenbahnlänge im ganzen von Jahrzehnt zu Jahrzehnt im Wachsen begriffen, so erweist sich doch diese Vergrößerung nicht in allen Ländern als eine stetige, da in den vornehmsten Kulturstaaten mit dem fortschreitenden Ausbau des überhaupt für notwendig erachteten Eisenbahnnetzes der Zuwachs sich naturgemäß verringern mußte.

Die am Ende des Jahres 1908 auf der ganzen Erde befindlichen Bahnen hatten eine Gesamtlänge von etwa 984000 km, das ist eine Entfernung, die etwa dem 24fachen Erdumfang entspricht, oder die rund $2\frac{1}{2}$ mal so lang ist, wie die Entfernung des Mondes von der Erde. Es ist dabei zu bemerken, daß die angegebene Zahl nur die als Haupt- oder Nebenbahnen bezeichneten Eisenbahnen umfaßt, während Kleinbahnen, Straßenbahnen usw. nicht berücksichtigt sind, und daß die Längenziffer Bahnlängen und nicht Gleislängen angibt. Rechnet man mit diesen, so würde eine noch erheblich größere Zahl herauskommen, da eine große Anzahl Bahnen, wohl alle wichtigen Hauptbahnen, zwei- und mehrgleisig ausgebaut sind.

Amerika hat, wie aus der untenstehenden Tabelle ersichtlich ist, in bezug auf die Gesamtlänge die meisten Eisenbahnen, mehr als die Hälfte der gesamten Bahnen der ganzen Erde; Australien weist die geringsten Bahnlängen auf.

Das Bild ändert sich jedoch erheblich, wenn statt der tatsächlichen Bahnlängen die Zahlen für die auf die Flächenausdehnung der einzelnen Länder bezogenen Bahnlängen betrachtet werden. Es kommt dann Europa in erster Linie, da es der am dichtesten bevölkerte Erdteil ist; dazu kommt noch, daß in diesem Erdteil, besonders im Westen, wohl die meisten Hauptlinien mehrgleisig sind, so daß europäische Bahnen bedeutend leistungsfähiger sind als die anderer Erdteile.

Die nachstehende Übersicht, die dem „Archiv für Eisenbahnwesen“ entnommen ist, veranschaulicht die Entwicklung des Eisenbahnnetzes der Erde in jüngster Zeit, vom Jahre 1904 bis Ende des Jahres 1908. Bemerkenswert sind hier besonders die Werte für die auf 100 qkm und die auf je 10000 Einwohner entfallenden Bahnlängen.

Entwicklung des Eisenbahnnetzes von 1904—1908.

1 Länder	2 3 4 5 6 Länge der im Betrieb befindlichen Eisenbahnen am Ende des Jahres					7 8 Zuwachs von 1904—1908 im in ganzen Spalte 6—2 Proz. Spalte 7—2		9 10 Der einzelnen Länder Fläche Bevölkerungs- zahl		11 12 Es trifft 1908 Bahnlänge auf 100 qkm Einw.	
	1904	1905	1906	1907	1908	km	Proz.	abgerundete Zahlen	km	km	
	km	km	km	km	km	km	Proz.	abgerundete Zahlen	km	km	
I. Europa.											
Deutschland:											
Preußen	33 510	34 228	34 872	35 393	36 111	2 601	7,8	348 600	34 473 000	10,4	10,5
Bayern	7 409	7 512	7 587	7 638	7 791	382	5,2	75 900	6 176 000	10,3	12,6
Sachsen	2 973	2 984	3 045	3 071	3 096	123	4,1	15 000	4 202 000	20,6	7,4
Württemberg . . .	1 984	1 984	2 040	2 052	2 070	86	4,3	19 500	2 169 000	10,6	9,5
Baden	2 104	2 160	2 193	2 213	2 221	117	5,6	15 100	1 868 000	14,7	11,9
Elsaß-Lothringen .	1 969	1 974	1 978	1 978	2 023	54	2,7	14 500	1 719 000	13,9	11,8
Übrige deutsche Staaten	5 615	5 635	5 661	5 695	5 722	107	1,9	52 100	5 760 000	11,0	9,9
Deutschland:	55 564	56 477	57 376	58 040	59 034	3 470	6,2	540 700	56 367 000	10,9	10,5
Österreich-Ungarn einschl. Bosnien u. Herzegowina	39 168	39 918	41 227	41 605	42 636	3 468	8,8	676 500	47 118 000	6,3	9,0
Großbritannien u. Irland	36 297	36 760	37 107	37 181	37 263	966	2,7	314 000	41 450 000	11,9	9,0
Frankreich	45 773	46 466	47 129	47 823	48 123	2 350	5,1	536 400	38 962 000	9,0	12,4
Rußland, europ., einschl. Finnland (3393 km)	54 708	55 006	56 670	58 385	58 843	4 135	7,6	5 390 000	105 542 000	1,1	5,5

1 Länder	2 Länge der im Betrieb befindlichen Eisenbahnen am Ende des Jahres					7 Zuwachs von 1904—1908 im ganzen Spalte 6—2		8 in Proz. Spalte 7—2		9 Der einzelnen Länder		10 Es trifft 1908 Bahnlänge auf	
	1904	1905	1906	1907	1908	km	Proz.	Fläche qkm	Bevölkerungs- zahl	100 qkm	10 000 Einw.		
	km	km	km	km	km	km	Proz.	abgerundete Zahlen		km	km		
Italien	16 117	16 284	16 420	16 596	16 718	601	3,7	286 600	32 475 000	5,8	5,0		
Belgien	7 041	7 258	7 495	7 844	8 125	1 084	15,4	29 500	6 694 000	27,5	12,1		
Niederlande einschl. Luxemburg	3 433	3 542	3 566	3 589	3 612	179	5,2	35 600	5 341 000	9,4	6,1		
Schweiz	4 249	4 289	4 342	4 447	4 539	290	6,8	41 400	3 325 000	10,9	13,6		
Spanien	14 134	14 430	14 649	14 850	14 897	763	5,4	496 900	17 961 000	3,0	8,3		
Portugal	2 494	2 571	2 637	2 783	2 894	400	16,0	92 600	5 429 000	3,1	5,3		
Dänemark	3 288	3 288	3 434	3 446	3 484	196	6,0	38 500	2 449 000	9,0	15,5		
Norwegen	2 490	2 550	2 586	2 586	2 873	383	15,4	322 300	2 221 000	0,9	12,9		
Schweden	12 577	12 684	13 165	13 392	13 632	1 055	8,4	447 900	5 136 000	3,0	26,5		
Serbien	578	610	610	610	678	100	17,3	48 300	2 494 000	1,4	2,7		
Rumänien	3 177	3 179	3 210	3 210	3 243	66	2,1	131 300	5 913 000	2,5	5,5		
Griechenland	1 118	1 241	1 241	1 241	1 241	123	11,0	64 700	2 434 000	1,9	5,1		
Europ. Türkei, Bul- garien, Rumelien	3 142	3 142	3 142	3 197	3 248	106	3,4	267 000	9 824 000	1,2	3,3		
Malta, Jersey, Man	110	110	110	110	110	—	—	1 100	372 000	10,0	3,0		
Europa:	305 458	309 805	316 116	320 935	325 193	19 735	6,5	9 761 300	391 507 000	3,3	8,2		
II. Amerika.													
Britisch-Nordame- rika (Kanada)	31 554	33 147	33 147	36 125	37 507	5 953	18,9	8 768 000	5 339 000	0,4	70,3		
Ver. Staaten von Amerika einschl. Alaska (579 km)	344 172	351 503	361 579	369 991	376 567	32 395	9,4	9 305 300	85 618 000	4,0	44,0		
Neufundland	1 058	1 072	1 072	1 072	1 072	14	1,3	110 800	214 000	1,0	50,1		
Mexiko	19 437	19 678	21 007	21 906	23 905	4 468	23,0	2 016 000	14 545 000	1,2	16,4		
Mittelamerika (Guatemala 957, Honduras 143, Salvador 167, Ni- karagua 322, Ko- starika 748, Pa- nama 76 km)	1 615	1 916	2 240	2 240	2 413	798	49,4	—	—	—	—		
Große Antillen (Kuba 3747, Do- minikanische Re- publik 241, Haiti 225, Jamaika 298, Puerto Rico 322 km)	3 581	3 602	3 602	3 911	4 833	1 252	35,0	—	—	—	—		
Kleine Antillen (Martinique 224, Barbados 175, Trinidad 142 km)	459	459	541	541	541	82	17,9	—	—	—	—		
Vereinigte Staaten von Kolumbien	661	661	723	723	724	63	9,5	1 330 800	4 500 000	0,05	1,6		
Venezuela	1 020	1 020	1 020	1 020	1 020	—	—	1 043 900	2 445 000	0,1	4,2		
Britisch - Guayana	122	122	167	167	167	45	36,9	229 600	295 000	0,07	5,7		
Niederländ.-	60	60	60	60	60	—	—	—	—	—	—		
Ekuador	300	300	300	300	508	208	69,3	299 600	1 400 000	0,2	3,6		

1 Länder	2 Länge der im Betrieb befindlichen Eisenbahnen am Ende des Jahres					7 Zuwachs von 1904—1908 im ganzen Spalte 6—2		8 in Proz. Spalte 7—2		9 Der einzelnen Länder		10 Es trifft 1908 Bahnlänge auf	
	1904	1905	1906	1907	1908	km	Proz.	Fläche qkm	Bevölkerungs- zahl	100 qkm	10000 Einw.		
	km	km	km	km	km	km	Proz.	abgerundete Zahlen		km	km		
Peru	1 844	1 907	1 959	2 144	2 367	523	28,4	1 137 000	4 607 000	0,2	5,1		
Bolivia	1 129	1 129	1 129	1 129	1 129	—	—	1 334 200	2 269 000	0,1	5,0		
Ver. Staaten von Brasilien	16 747	16 805	17 059	17 242	19 211	2 464	14,7	8 361 400	14 934 000	0,2	12,9		
Paraguay	253	253	253	253	253	—	—	253 100	636 000	0,1	4,0		
Uruguay	1 948	1 948	1 948	1 948	2 328	380	19,5	178 700	931 000	1,3	25,0		
Chile	4 643	4 643	4 730	4 730	4 730	87	1,9	776 000	3 314 000	0,6	14,3		
Argentin. Republik	19 428	19 971	20 560	22 004	24 901	5 473	28,2	2 885 600	4 894 000	0,9	50,9		
Amerika:	450 031	460 196	473 096	487 506	504 236	54 205	12,0	—	—	—	—		
III. Asien.													
Russisches mittel- asiat. Gebiet . .	2 669	2 669	4 519	4 519	4 519	1 850	69,3	554 900	7 740 000	0,8	5,8		
Sibirien und Man- dschurei	9 116	9 116	9 116	9 116	10 337	1 221	13,4	12 518 500	5 773 000	0,08	17,9		
China	1 976	3 616	5 953	6 698	8 042	6 066	307,0	11 081 000	357 250 000	0,07	0,2		
Korea	862	1 067	1 108	1 108	1 108	246	28,5	218 600	9 670 000	0,5	1,1		
Japan	7 481	7 855	8 067	8 067	8 101	620	8,3	417 400	46 542 000	1,9	1,7		
Britisch-Ostindien	44 352	46 045	46 642	48 106	49 197	4 845	10,9	5 068 300	294 905 000	1,0	1,7		
Ceylon	630	751	904	904	904	274	43,5	63 900	3 687 000	1,4	2,5		
Persien	54	54	54	54	54	—	—	1 645 000	9 000 000	0,003	0,006		
Kleinasien, Syrien, Arabien mit Cy- pern (58 km) .	3 464	3 575	4 716	4 716	5 037	1 573	45,4	1 778 200	19 568 000	0,3	2,6		
Portugies.-Indien .	82	82	82	82	82	—	—	3 700	572 000	2,2	1,4		
Malaiische Staaten (Borneo, Celebes)	719	719	871	1 024	1 024	305	42,4	86 200	719 000	1,2	14,2		
Niederländ.-Indien (Java, Sumatra)	2 302	2 373	2 373	2 429	2 472	170	7,4	599 000	29 577 000	0,4	0,8		
Siam	718	718	718	919	919	201	28,0	633 000	9 000 000	0,1	1,0		
Kotschinchina, Kambodscha, Anam, Tongking (2389), Pondi- cherri (95), Ma- lakka (92), Phi- lippinen (250 km)	2 781	2 781	2 835	2 835	2 835	54	1,9	—	—	—	—		
Asien:	77 206	81 421	87 958	90 577	94 631	17 425	22,6	—	—	—	—		
IV. Afrika.													
Ägypten	5 204	5 204	5 252	5 544	5 638	434	8,3	994 300	9 833 000	0,6	5,7		
Algerien und Tunis Unabhängiger	4 894	4 906	4 906	4 906	4 906	12	0,2	897 400	6 695 000	0,5	7,3		
Kongostaat . . .	478	478	642	642	688	210	43,9	—	—	—	—		
Abessinien	180	184	306	309	309	129	71,7	—	—	—	—		
Kapkolonie	5 650	5 650	5 812	6 123	6 228	578	10,2	786 800	1 766 000	0,8	35,3		
Britisch-Südafrika:													
Natal	1 185	1 458	1 458	1 571	1 571	386	32,6	70 900	778 000	2,2	20,2		
Transvaal	1 539	1 763	2 191	2 191	2 810	1 271	82,6	308 600	867 900	0,9	32,4		
Oranjefluß-Kol.	886	1 124	1 283	1 425	1 425	539	60,8	131 100	208 000	1,1	68,5		

1 Länder	2 Länge der im Betrieb befindlichen Eisenbahnen am Ende des Jahres					7 Zuwachs von 1904—1908 im ganzen Spalte 6—2		8 in Proz. Spalte 7—2		9 Der einzelnen Länder		10 Es trifft 1908 Bahnlänge auf	
	1904	1905	1906	1907	1908	km	Proz.	Fläche qkm	Bevölkerungs- zahl	100 qkm	10000 Einw.		
	km	km	km	km	km	km	Proz.	abgerundete Zahlen		km	km		
Kolonien:													
Deutschland (Deutsch-Ostafrika 410, Deutsch-Südwestafrika 1341, Togo 167, Kamerun 160 km) . . .	888	1 351	1 847	1 847	2 078	1 190	134,0	—	—	—	—		
England (Britisch-Ostafrika 939, Sierra Leone 363, Goldküste 270, Lagos 204, Mauritius 212 km) .	1 961	1 982	1 988	1 988	1 988	27	1,4	—	—	—	—		
Frankreich (Franz.-Sudan 1421, Franz.-Somalisküste 309, Madagaskar 167, Réunion 127 km)	1 227	1 227	1 262	2 006	2 024	797	64,9	—	—	—	—		
Italien (Eritrea 115 km)	76	76	115	115	115	39	51,3	—	—	—	—		
Portugal (Angola 543, Mosambik 588 km)	992	992	1 131	1 131	1 131	139	14,0	—	—	—	—		
Afrika:	25 160	26 395	28 193	29 798	30 911	5 751	22,9	—	—	—	—		
V. Australien.													
Neuseeland	3 928	4 002	4 055	4 137	4 162	234	6,0	271 000	830 000	1,5	50,1		
Victoria	5 444	5 517	5 517	5 517	5 517	73	1,3	229 000	1 201 000	2,4	49,9		
Neusüdwales	5 279	5 553	5 586	5 586	5 587	308	5,8	799 100	1 370 000	0,7	40,8		
Südaustralien	3 059	3 083	3 097	3 097	3 237	178	5,8	2 341 600	363 000	0,1	89,2		
Queensland	4 711	5 138	5 479	5 479	5 618	907	19,2	1 731 400	485 000	0,3	115,8		
Tasmania	998	998	998	998	998	—	—	67 900	172 000	1,5	58,0		
Westaustralien	3 491	3 636	3 636	3 636	3 636	145	4,1	2 527 300	412 000	0,1	88,2		
Hawai (40) mit den Inseln Maui (11) u. Oahu (91 km)	142	142	142	142	142	—	—	17 700	109 000	0,8	13,0		
Australien:	27 052	28 069	28 510	28 592	28 897	1 845	6,8	7 985 000	4 942 000	0,4	58,5		
Wiederholung.													
Europa	305 458	309 805	316 116	320 935	325 193	19 735	6,5	9 761 300	391 507 000	3,3	8,2		
Amerika	450 031	460 196	473 096	487 506	504 236	54 205	12,0	—	—	—	—		
Asien	77 206	81 421	87 958	90 577	94 631	17 425	22,6	—	—	—	—		
Afrika	25 160	26 395	28 193	29 798	30 911	5 751	22,9	—	—	—	—		
Australien	27 052	28 069	28 510	28 592	28 897	1 845	6,8	7 985 000	4 942 000	0,4	58,5		
Auf der Erde:	884 907	905 886	933 873	957 408	983 868	98 961	11,2	—	—	—	—		
Steigerung geg. das Vorjahr in Proz.	3,1	2,3	3,1	2,5	2,8	—	—	—	—	—	—		

Bei Betrachtung der angegebenen Zahlenwerte fallen die ganz erheblichen Unterschiede auf, welche die Bahnlängen der einzelnen Länder aufweisen. Man kann leicht auf den Handel und Gewerbe, das Geschäftsleben, den Verkehr und Reichtum des Landes schließen, wenn man die angegebenen Zahlen überschaut. Auf die Flächeneinheit bezogen, steht das industriereiche Belgien mit 27,5 km Eisenbahnen auf 100 qkm an erster Stelle, es überholt weit sämtliche übrigen Länder. Das noch in der Entwicklung seines Verkehrs begriffene Rußland dagegen hat die wenigsten Bahnen; der prozentuale Zuwachs von 7,6 Proz. in den letzten 4 Jahren, der größer ist als z. B. der im Deutschen Reich, zeigt jedoch bereits deutlich den Aufschwung des Verkehrs infolge des Anwachsens von Handel und Industrie in diesem Lande. Die übrigen Erdteile haben, mit Europa verglichen, verhältnismäßig wenig Eisenbahnen, wenn man die Größe des Landes betrachtet. Die Zahlen werden jedoch ganz anders, wenn die Einwohnerzahl zugrunde gelegt wird. Die Ursache ist einfach in der dünnen Besiedelung der einzelnen Länder zu suchen. Der prozentuale Zuwachs ist jedoch in den außereuropäischen Erdteilen sehr beträchtlich, da immer mehr Eisenbahnen in den dem Verkehr bis jetzt noch nicht erschlossenen Ländern gebaut werden.

Was die *Anlagekosten* der Eisenbahnen anlangt, so betragen sie für die europäischen Bahnen im Durchschnitt 317 000 Mark für ein Kilometer. Im ganzen ergeben sich als Anlagekapitalien für die europäischen Bahnen 103 086 181 000 Mark, für die außereuropäischen Bahnen 111 974 750 000 Mark, zusammen also ein Kapital von rund 215 Milliarden Mark. Im Jahre 1907 waren obige Zahlen etwa 97 Milliarden und 100 Milliarden, zusammen also 197 Milliarden Mark. Es sind demnach im letzten der angeführten Rechnungsjahre etwa 18 Milliarden Mark für den Ausbau vorhandener oder den Bau neuer Strecken gezahlt worden.

B. Bau der Eisenbahnstrecke.

Einteilung der Eisenbahnen. Je nach dem Gelände, das eine Eisenbahn durchschneiden soll, unterscheidet man *Flachland-, Hügelland- und Gebirgsbahnen*. Die ersteren haben geringe Steigungen, große Krümmungshalbmesser, einfach herzustellenden Unter- und Oberbau, da bei ihnen das Gelände keine Schwierigkeiten bereitet. Anders bei den Hügelland- und Gebirgsbahnen, die sich dem Gelände so viel als möglich anpassen müssen, um kostspielige Kunstbauten zu vermeiden. Es müssen große Steigungen überwunden werden; kleine, schwer zu befahrende Krümmungshalbmesser müssen zugelassen und teure Tunnels, Brücken usw. ausgeführt werden, so daß der Bau erheblich mehr Kosten verursacht als bei Flachlandbahnen.

Nach dem zu bewältigenden Verkehr lassen sich die Bahnen in *Hauptbahnen, Nebenbahnen, Kleinbahnen, Anschlußbahnen, Feld-, Wald- und Industriebahnen* einteilen, deren Bedeutung und Zweck ohne weiteres aus den Namen hervorgeht.

Nach der *Spurweite*, worunter man das Maß zwischen den Innenkanten der Schienenköpfe versteht, teilt man die Bahnen ein in *Breitspur-, Normal- und Schmalspurbahnen*. — Unter *Normalspur* versteht man das Maß von 4 Fuß 8½ Zoll englisch = 1435 mm, das bereits Stephenson bei seinen ersten Lokomotiven verwendete, und das sich seitdem in fast alle Länder der Welt Eingang verschafft hat. Nur Länder, die keinen Durchgangsverkehr haben, wie z. B. Spanien, Irland, oder solche, welche die Normalspur aus militärischen Gründen ablehnten, wie z. B. Rußland, sind von diesem Maß abgegangen. Nachstehende Übersicht gibt die Spurweiten verschiedener Länder an:

Chile, Ostindien, Argentinien, Spanien	1676 mm
Irland	1600 -
Rußland	1524 -
Deutschland (vorwiegend), Österreich-Ungarn, Schweiz, Italien, Frankreich, England, Schweden, Balkanländer, Nordamerika	1435 -
Norwegen, Japan, Java, Kapland	1067 -
Griechenland, Korsika, Algerien, Brasilien	1000 -

Da die Kosten einer Bahnlinie naturgemäß von der Breite der Spur abhängen, werden Bahnen mit geringem Verkehr mit kleineren Spurweiten gebaut. Als solche findet sich 1000,

750 und 600 mm bei manchen deutschen Bahnen. Im Auslande hat sich vielfach die sogenannte *Kapspur* von 1067 mm eingeführt; die bosnischen Bahnen haben 760 mm. Je kleiner die Spurweite, desto kleiner können auch die Gleiskrümmungen ausgeführt werden, die Bahn kann sich dem Gelände mehr anschmiegen, die Grunderwerbskosten und damit auch die Herstellungskosten der Bahn werden geringer.

Eine Bahn, die zwei bestimmte Punkte verbinden soll, kann im allgemeinen auf verschiedenen Linien ausgeführt werden, die natürlich auch verschiedene Herstellungs- und Betriebskosten verursachen werden. Hauptaufgaben sind nun, alle Umstände zu berücksichtigen, die den sichersten und dabei billigsten Betrieb der Bahn ermöglichen.

Eisenbahnbau. Dieser umfaßt: 1. *Vorarbeiten*, d. h. vollständige (technische) Aufstellung des Entwurfes zum Bau mit Einschluß der Kostenberechnung und der wirtschaftlichen (kommerziellen) Erwägungen (Ertragsberechnung); 2. die Herstellung des *Unterbaues* oder Bahnkörpers mit allen zugehörigen Bauwerken, als Straßen-Unter- und -Überführungen, Durchlässe, Brücken, Viadukte, Tunnel, Weg- und Flußverlegungen, Überleitungen von Wasserläufen (Aquädukte), Schneeschutzwerke und Lawingalerien; 3. die Herstellung des *Oberbaues*, d. h. des Schienengestänges nebst allen Bahnhofsgleisen und Gleisverbindungen mit Einschluß der Schienenunterlagen oder Schwellen und deren Unterbettung aus Kies, Steinschlag oder dergleichen Stoffen; 4. die Herstellung der *Eisenbahnhochbauten*, nämlich der Wärterhäuser, Güterschuppen, Lokomotivschuppen, Wasserstationen, Eisenbahnwerkstätten, desgleichen der Empfangs- und Nebengebäude, Dienstwohnungen und Verwaltungsgebäude; 5. Nebenanlagen und Ausrüstungsarbeiten, wie z. B. Entwässerung und Wasserversorgung der Bahnhöfe, Einfriedigungen, Wegschraken, Signale und Stellwerke.

1. Vorarbeiten.

Diese, bei denen technische und wirtschaftliche Untersuchungen Hand in Hand gehen müssen, sind bedingend für die sparsame und zweckmäßige Bauausführung sowie für die Anpassung der Bahn an die wirtschaftlichen Bedürfnisse des betreffenden Landstriches.

Bei der *Linienführung (Trassierung)* einer Bahn kommt namentlich die Begrenzung der zulässigen *Neigungen* und *Krümmungen* in Betracht, als maßgebend für die möglichen Geschwindigkeiten und Zuglasten, also für die Leistungsfähigkeit der Bahn. Das Maß für die Neigung bildet das *Neigungsverhältnis* zwischen Höhe und Länge; es wird in Tausendsteln (Millimeter Hebung auf das Meter Länge) oder auch mittels eines Stammbruches ausgedrückt, z. B. 5 pro Mille (5 mm Hebung auf 1 m Länge) oder 1:200; 2,5 pro Mille oder 1:400 u. s. f. Die Krümmungen werden aus Kreisbogen gebildet und durch deren Halbmesser ausgedrückt, so daß also der kleinere Halbmesser die schärfere Krümmung bezeichnet. Als schärfste zulässige Neigung gilt in Deutschland für Hauptbahnen 25 pro Mille (1:40), für Nebenbahnen 40 pro Mille (1:25); ebenso als kleinster Halbmesser 180 bzw. 100 m für vollspurige, 60, 40 und 25 m für schmalspurige Nebenbahnen von 1 m, 75 cm bzw. 60 cm Spurweite. Bei Hauptbahnen bedarf die Anwendung von Neigungen über 12,5 pro Mille (1:80) und Halbmessern unter 300 m besonderer Genehmigung des Reichseisenbahnamtes, da sie die allgemeine Benutzung der betreffenden Bahnlinien für gewisse Arten von Wagen und Lokomotiven ausschließt oder doch beschränkt und nur kurze Züge gestattet. Die richtige Feststellung der Linie kann in schwierigem Gelände nur auf Grund von Schichtenplänen mit Höhenkurven (Horizontalkurven) erfolgen. Die zweckmäßigste Linie (*Trasse*), d. h. diejenige der geringsten Verkehrskosten, wird in solchen Plänen durch Vergleich verschiedener Möglichkeiten aufgesucht, durch einen (verzerrt gezeichneten) Längenschnitt, das sogenannte *Längensprofil*, bezüglich ihrer Neigungen, Krümmungen und Erdarbeiten übersichtlich dargestellt, aufs Gelände übertragen und dann mit Hilfe zahlreicher Querschnitte weiter durchgearbeitet.

Bei Gebirgsbahnen, bisweilen auch schon im Hügellande, wird häufig eine künstliche Verlängerung der Linie (sogenannte *Entwicklung*) erforderlich, um zur Ersteigung großer Höhen mit bestimmten Neigungsverhältnissen die nötige Länge zu gewinnen. Dazu dient das Ausbiegen in Seitentäler, ferner die Schleifenbildung im Haupttal selbst oder, wenn keine andere Möglichkeit vorliegt, die

Bildung von Windungen im Erdinnern, also z. B. die Herstellung von spiralförmigen Hebungstunneln. In schwierigem Gelände wird durch Anwendung sanfter Neigungen und Krümmungen der Bau wesentlich verteuert, der Betrieb dagegen verbilligt. Es ist also im Einzelfall abzuwägen, ob die Rücksicht auf billigeren Bau oder billigeren Betrieb überwiegt, da die gesamten *Verkehrskosten* sich zusammensetzen aus der Verzinsung der Anlage- und den laufenden Betriebskosten.

2. Unterbau.

Der *Unterbau* oder Bahnkörper soll mit seiner oberen Fläche, dem *Bahnplanum*, eine standfeste, sichere Unterlage für den Oberbau bilden. Er besteht aus dem mit Rasenböschungen und Entwässerungsgräben versehenen Erdkörper, der in den die Bahnhöhe übersteigenden Anhöhen durch Ausschachtung als *Einschnitt* oder *Abtragung* aus dem natürlichen (gewachsenen) Erdboden gebildet, bzw. über den unter die Bahnhöhe hinabgehenden Vertiefungen des Geländes durch Aufschüttung als *Damm* oder *Auftrag* hergestellt wird. Aus Fig. 956 und 957 ist ersichtlich, was zum Unterbau und was zum Oberbau gerechnet wird. Beide werden durch eine Linie, die das *Planum* genannt wird, voneinander getrennt. Unter *Kronenbreite* versteht man die gedachte Breite in Höhe der Schienenunterkante bis zum Durchschnitt mit den verlängerten Böschungen des Erdkörpers.

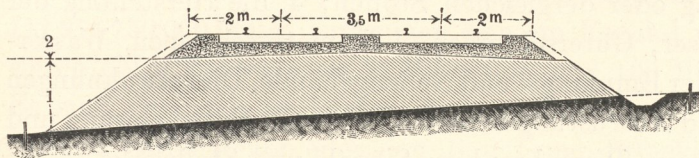


Fig. 956. Querschnitt der Bahn im Auftrag (1 Unterbau, 2 Oberbau).

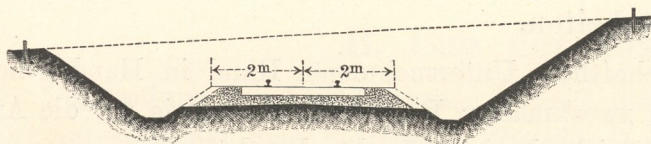


Fig. 957. Querschnitt der Bahn im Abtrag.

Sie ergibt sich daraus, daß der Abstand der Kronenkante von der nächsten Gleismitte bei Hauptbahnen mindestens 2 m und die Entfernung zweier benachbarter Gleismitten auf freier Strecke mindestens 3,5 m betragen soll. Planum und Böschungen werden zum Schutz gegen Angriff des Wassers usw. mit Rasen bekleidet, auch wohl gepflastert. Bei hohen Dämmen oder tiefen Einschnitten wendet man oft Futter- und Stützmauern zur Aufnahme des Erddruckes an. Neben

den Böschungen werden zur Abführung des Wassers Gräben mit Gefälle angelegt.

Bei jeder Überschreitung eines Wasserlaufes oder einer Talmulde muß ein *Wasserdurchlaß*, bei größeren Wasserläufen eine *Brücke* und bei breiten Tälern von mehr als 16—20 m Tiefe unter Umständen zur Ersparnis an Erdarbeiten ein *Viadukt* erbaut werden. Bei großer Einschnittstiefe (von 15—20 m und darüber) ist zu ergründen, ob und inwieweit durch Einfügung eines Tunnels eine Ersparnis zu erzielen ist, und in ähnlichen Fällen (namentlich auch bei Führung der Linie an steilen Abhängen, also bei starker Querneigung des Geländes) ist die gleiche Untersuchung hinsichtlich der Anwendung von Futter- und Stützmauern, Steinbekleidungen usw. zu führen, wie solche bei Gebirgsbahnen eine große Rolle spielen.

Bei Überschreitungen von Flußtäälern und Stromgebieten werden Untersuchungen erforderlich über die Weite der Strom- und Flutbrücken, Änderungen des Flußbettes, der Deiche usw., die in das Gebiet des Wasserbaues eingreifen. Auch erfordert die Rücksicht auf die Schifffahrt nicht selten die Anordnung von beweglichen, insbesondere von Drehbrücken, wenn die Höhe zur freien Durchfahrt fehlt. Endlich kommen bei großen Stromübergängen und beim Berühren von Festungswerken auch militärische Rücksichten in Frage. Zur Wahrung der Einheitlichkeit in den wesentlichen Abmessungen und Einrichtungen der Bauten bestehen besondere Bestimmungen, insbesondere über die *Umgrenzung des freien Raumes*, die für den gefahrlosen Durchgang der Lokomotiven und Wagen auf allen deutschen Vollspurbahnen in gleicher Weise offen gehalten werden muß; diese Bestimmungen beeinflussen die Anordnung der Straßenüberführungen, der eisernen Brücken mit hohen Trägern, der Tunnels, der Bahnsteige usw.

Bei denjenigen Straßen, welche die Bahn in Schienenhöhe kreuzen sollen, wird meistens eine Änderung der Höhenlage, d. h. die Anlage von Auftrags- oder Einschnittsrampen, mit der für die betreffenden Wege zulässigen größten Neigung erforderlich. Dazu kommt die besondere

Befestigung des eigentlichen Planüberganges, dessen Abschluß mit Wegeschränken und deren fortlaufende Bedienung. Der Straßenkörper wird dabei beiderseitig und zwischen den Gleisen bis zur Höhe der Schienenoberkante aufgefüllt, zweckmäßig auch gepflastert. An der Innenkante der Schienen ist aber für den *Spurkranz* der Räder eine *Spurrinne* erforderlich, die oft auch durch Einlegung einer besonderen zweiten Schiene, *Zwangsschiene*, hergestellt wird. Die Wegeübergänge in Schienenhöhe werden mit *Schranken* (Schiebe- und Rollschranken oder Schlagschranken) versehen. Bei Schlagschranken sind die beiderseitigen Schranken zur gleichzeitigen Bewegung mechanisch verbunden. Um nicht an jedem Übergang einen Wärter aufstellen zu müssen, werden die Schranken oft mit Fernschlußeinrichtungen und Läutewerk versehen. Bei lebhaftem Straßen- und Bahnverkehr sind Planübergänge möglichst zu vermeiden.

3. Oberbau.

Der *Oberbau* besteht aus den *Schienen* mit ihren Verbindungsteilen (Laschen und Schrauben), den *Unterlagen* der Schienen nebst Befestigungsteilen und deren *Unterbettung*. Die Unterbettung wird aus Kies oder besser Steinschlag gebildet und bezweckt, den von den Eisenbahnzügen ausgehenden Druck und die Erschütterungen auf die breitere Fläche des *Unterbaues* zu übertragen, dabei zugleich die Schwellen und Schienen durch rasche Wasserableitung möglichst trocken zu halten, endlich die Sicherung und Regelung der Gleislage nach Höhe und Richtung durch die *Stopfarbeiten* zu ermöglichen. Der Oberbau wird gewaltig beansprucht; ein Lokomotivrad darf ein Gewicht bis zu 8 Tonnen in Deutschland, bis zu 9 Tonnen in England und 10—13 Tonnen auf einzelnen amerikanischen Bahnen haben. Die durch die Bewegung so großer Massen hinzukommenden Stoßwirkungen in senkrechtem und wagerechtem Sinne wachsen aber mit dem Quadrat der Geschwindigkeit, die zurzeit in Deutschland bis auf 90, auf günstigen Strecken bis über 100 km in der Stunde (25 und 28 m in der Sekunde) steigen darf, in England sogar bis auf 120 km (33 m in der Sekunde) geht.

Die Dauer der Schienen und Schwellen ist sehr abhängig von der Art der Betriebsmittel (Lokomotiven und Wagen), von der Größe und Schnelligkeit des Verkehrs, von der Güte der Bettung und des Unterbaues, von richtiger Ausführung der Erhaltungsarbeiten, von der Güte des Materials und der Bauart des Oberbaues, insbesondere auch von der Anzahl und (bei Eisen) auch von der Gestalt der Schwellen. Die Schienen werden stets aus Flußstahl, die Schwellen aus Holz oder aus Flußeisen hergestellt. Selbstverständlich muß die Tragfähigkeit und damit der Kostenaufwand für den Oberbau den jeweiligen Anforderungen der betreffenden Gleise angepaßt werden. Nebenbahnen, Kleinbahnen und manche Nebengleise auf den Bahnhöfen der Hauptbahnen unterliegen weit geringeren Ansprüchen in Hinsicht auf Belastung, Geschwindigkeit, Verkehrsdichtigkeit usw. als die Hauptgleise der Schnellzuglinien; sie erhalten demgemäß einen leichteren und billigeren Oberbau. So beträgt das Schienengewicht für 1 m Länge auf gewöhnlichen Hauptbahnen in Deutschland und Österreich in der Regel 30—35 kg, auf stark befahrenen Schnellzuglinien neuerdings bis 43 kg, in Sachsen und bei der Gotthardbahn 46 kg; in Frankreich 43—47 kg; englische und französische Stahlschienen wiegen 42—50 kg auf 1 m. Andererseits geht das Gewicht bei vollspurigen Nebenbahnen auf 25 kg, bei Schmalspurbahnen noch weiter herab.

Die *Schienen* wurden im 18. Jahrhundert und noch bis 1820 für die damals mit Pferden betriebenen Kohlenbahnen in England aus Gußeisen hergestellt und anfangs durch hölzerne Langschwellen, dann in *Fischbauchform* von etwa 1 m (1 Yard) Länge durch Steinwürfel, auch wohl durch Querschwellen unterstützt. Ihr Querschnitt war anfangs der einer Platte mit kleinen seitlichen Rändern, auch wohl einer flachen Rinne oder eines Winkels zum Schutz gegen Ablauf der gewöhnlichen Wagenräder. Erst mit Einführung der *Spurkranzräder* um 1789 kam die *Pilzform* auf. Derartige kurze, gußeiserne Schienen konnten nur ein sehr mangelhaftes, für größere Radrücke ungeeignetes Gleis bilden. Im Jahre 1820 gelang es, Schienen durch Walzen zu erzeugen, sie damit also aus viel haltbarerem Material und in größeren Längen herzustellen. Die Querschnittform blieb zunächst noch die gleiche Pilzform und die Unterstüttzung ebenfalls dieselbe mit

gußeisernen Stühlen auf Steinwürfeln. Bei der zweiten großen Bahn, London-Birmingham, brachte R. Stephenson 1838 seine geradlinige *Doppelkopfschiene*, in gußeisernen Stühlen mit Holzkeilen befestigt und auf hölzernen Querschwellen gelagert, zur Verwendung, und zwar schon mit 37,2 kg Gewicht für das Meter (Fig. 958). Diese symmetrische Form wurde

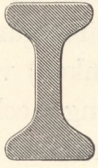


Fig. 958. Doppelkopfschiene.

später durch die etwas unsymmetrische *Bullenkopfschiene* ersetzt, da das nach Abnutzung der Oberkante beabsichtigte Umdrehen der Schiene zufolge der inzwischen eingetretenen Ausschleifungen der Auflagerstellen untunlich war. Diese Form des Oberbaues, nur mit verstärkten Abmessungen, insbesondere mit verstärktem Fahrkopf der Schiene, ist in England beibehalten worden (Fig. 959 u. 960). In Nordamerika waren anfangs Flachschiene auf Holzlangschwelen vorherrschend. Um

1832 trat die *Breitfußschiene* von R. Stevens hinzu, damals etwa mit 21 kg Gewicht für das Meter, aber mit rundlichen Seitenflächen. Diese Form ist von *Vignoles* 1836 in England eingeführt

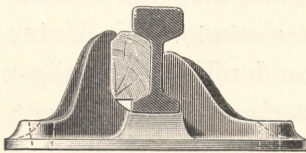


Fig. 959. Querschnitt.

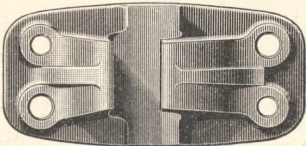


Fig. 960. Ansicht von oben.
Fig. 959 und 960. Englischer Schienestuhl.

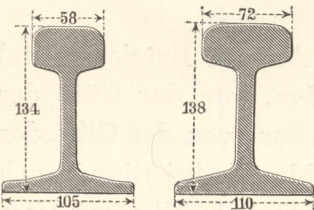


Fig. 961.

Fig. 962.

Fig. 961 und 962. Preußische Schiene (Fig. 961 von 1885, Fig. 962 für großen Verkehr von 1893).

und nach ihm benannt worden. Die *Vignoles-Schiene* ist später aus England fast ganz wieder verschwunden, hat sich aber über die ganze übrige Welt verbreitet und ist gegenwärtig fast die alleinige (Fig. 961 u. 962). Nur in Frankreich ist neben dieser auch die englische *Stuhlschiene* oft verwendet worden. In Deutschland sind Stuhlschienen aus früherer Zeit nur bei einzelnen Bahnen verblieben, dagegen neuerdings versuchsweise in sehr verstärkter Form wieder verlegt worden. Als Material für Schienen wird heute nur Flußstahl (Bessemer-, Thomas- und Siemens-Martinstahl) verwendet, und die regelmäßige Schienenlänge ist ziemlich allgemein auf 12—15 m gesteigert. Viel weiter damit zu gehen, verbietet die Schwierigkeit des Transportes und der Umstand, daß die *Wärmelücken* zwischen den einzelnen Schienen bei starker Abkühlung sonst zu groß würden. Die Zwischenräume sind unentbehrlich, um bei Ausdehnung Stauchung und damit Verbiegung zu vermeiden. Nur bei ganz eingebetteten Straßenbahngleisen können sie auf größere Strecken fortbleiben, weil der Wärmeunterschied dort nicht so erheblich ist. Ebenso sind in Tunneln 18 m lange Schienen zulässig.

Befestigung der Schiene. Die Spurweite wurde dabei durch eiserne Verbindungsstangen geregelt (Fig. 963 u. 964). Solche *Topfswellen* sind noch heute in frostfreien Ländern vielfach

in Gebrauch. Die verbreitetste Form der Schienenunterlagen sind die *Querschwellen*, die den besten Querverband sowie die sicherste Unterstützung gewähren, auch durch weitere oder engere Lage und verschiedene Länge das Anpassen des Oberbaues an die Belastungsgröße gestatten. Bei der in den meisten Ländern vorherrschenden *Vollspur* von 1,435 m (zwischen den Köpfen, oder rund 1,5 m zwischen den Mitten der Schienen) ist die Länge der Querschwellen 2,4—2,8 m. Die durchschnittliche Entfernung der Schwellenmitten geht von höchstens 1 m herab bis auf 600 mm, am Stoß (s. unten) bis auf 500 mm,

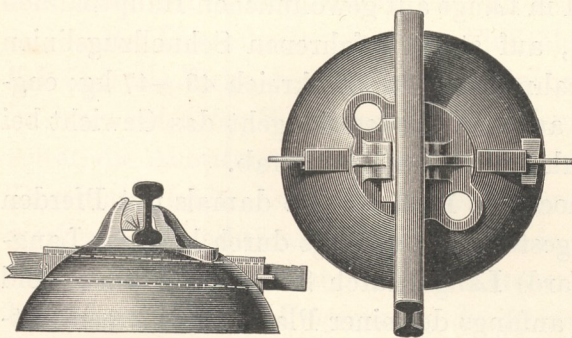


Fig. 963. Ansicht.

Fig. 964. Grundriß.

Fig. 963 und 964. Gußeiserne Einzelstützen mit Stuhlschienen (Topfswellen).

zumal in Nordamerika. Das *Material* der Querschwellen war früher fast ausschließlich und ist noch jetzt weit überwiegend *Holz*, am besten Eiche, dann Kiefer, Lärche, Fichte, in einigen Gegenden auch Buche, in Südamerika Quebracho und anderes. Alle diese Holzarten gewinnen

durch eine geeignete Behandlung (Lufttrocknung, Auslaugen mit Wasserdampf und Einpressen einer fäulniswidrigen Flüssigkeit in geschlossenen Kesseln: das sogenannte *Tränkungsverfahren* oder Imprägnieren) erheblich an Dauer, was namentlich dann von Wert ist, wenn die rein mechanische Abnutzung des Holzes gleichzeitig durch eine geeignete Schienenbefestigung möglichst verzögert wird. Aus diesem Grunde fügt man zwischen Schwelle und Schiene überall kräftige walzeiserne *Unterlagsplatten* ein und wendet der Befestigung dieser Platten sowie der Schienen selbst auf den Schwellen besondere Sorgfalt zu (Fig. 965 u. 966), um die Vorteile des englischen Schienenstuhles tunlichst zu ersetzen. Die *Neigung* von 1:20 (bis 1:16), welche die Schienen aus technischen Gründen gegen die Lotlinie erhalten, um winkelrecht zum Radkonus zu stehen, erzielt man durch die Gestalt der Unterlagsplatte, die mit Schwellenschrauben oder Schienennägeln befestigt wird.

Eiserne Querschwellen, aus Flußeisen gewalzt, wurden früher nur wenig angewendet. In Deutschland hat man dann aber trotz anfangs ungünstigen Erfolges erkannt, daß Eisenquerschwellen von gleicher Länge wie die hölzernen bei zweckmäßiger Querschnittsform und Ersatz der früher für die Schienenneigung ausgeführten Biegung oder Pressung durch geneigte Unterlagsplatten, endlich bei richtiger Befestigungsart wohlgeeignet sind, einen guten und dauerhaften Oberbau zu erzielen. Um der Querverschiebung der Schwellen mehr Widerstand entgegenzusetzen, als die bloße Reibung des Eisens auf der Bettung gewährt, ist es erforderlich, die Kopfenden der Schwellen durch Umbiegen der Enden zu schließen.

Fig. 967—970 zeigen Querschnitte und Grundriß der Eisenquerschwelle, wie sie zurzeit üblich sind, und Fig. 971—973 eine bewährte Schienenbefestigung mit (*Haarmanns*) *Hakenplatte*. In Österreich und Bayern werden *Klemmplatten* (nach *Heindl*) viel angewendet. Die Befestigung der Schiene mittels Keile weicht der besseren Schraubenbefestigung. Die Eisenquerschwellen werden neuerdings namentlich in Deutschland, Österreich, der Schweiz, Belgien und Holland verwendet.

Langschwellen aus Holz sind namentlich in Nordamerika früher angewendet worden, mußten jedoch bald den Querschwellen das Feld räumen. Auch von den *Eisenlangschwellen*, die man in den 1870er Jahren mit Vorliebe verlegte, ist man für Hauptbahnen jetzt ganz zurückgekommen, da auch hier trotz der lästigen Spurstangen die Unterhaltung mit der Zeit wachsende Schwierigkeiten zeigte, und da eine gute Stoßverbindung (s. unten) nicht herstellbar ist. Für Neben- und Straßenbahnen kommen dagegen Langschwellensysteme oder Schienen, die so stark sind, daß sie bei geringen Lasten besonderer Schwellen entbehren können, oft zur Anwendung (*Schwellenschienen*). Nach der Form der eisernen Langschwellen unterschied man dreiteilige Formen mit zwei symmetrisch angeordneten,

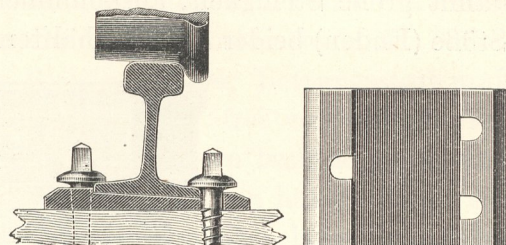


Fig. 965. Fig. 966. Schienenbefestigung auf Eichenholzschwellen (Fig. 965 Querschnitt, Fig. 966 Grundriß der Platte).

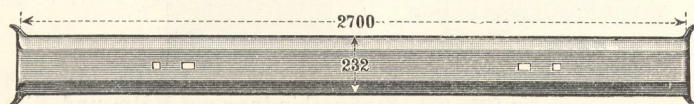


Fig. 967. Gerade Eisenquerschwelle.



Fig. 968. Fig. 969. Fig. 970. Querschnitte von Eisenquerschwellen.

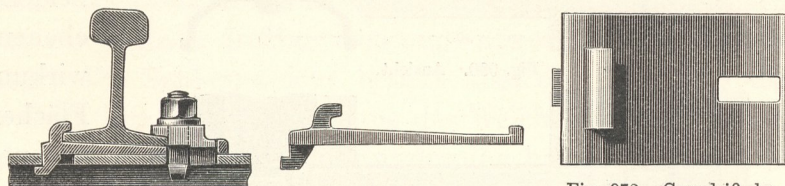


Fig. 971. Ansicht. Fig. 972. Querschnitt. Fig. 973. Grundriß der Unterlagsplatte. Fig. 971—973. Haarmanns Schienenbefestigung auf Eisenquerschwellen.

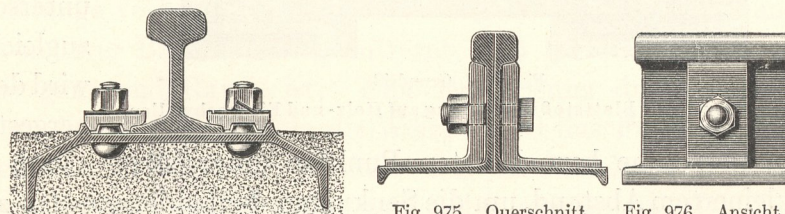


Fig. 974. Hoheneggers Langschwelle. Fig. 975. Querschnitt. Fig. 976. Ansicht. Fig. 975 und 976. Haarmanns Schwellenschiene.

winkeleisenförmigen Unterschienen und einer dazwischen festgeklemmten pilzförmigen Kopfschiene, sowie andererseits zweiteilige Formen mit breiter Schwelle und selbständiger, daraufgeschraubter Breitfußschiene; diese Form hat größere Verbreitung erlangt (Fig. 974). Später hat *Haarmann* in Osnabrück eine aus zwei symmetrischen Winkelstücken fest zusammengefügte einseitige Form mit senkrechter Mittelfuge als Schwellenschiene (Fig. 975 u. 976) hergestellt und damit große Steifigkeit, auskömmliche Breite und namentlich eine regelmäßige Versetzung der Stöße (Enden) beider Schienenhälften ermöglicht, so daß (allerdings nur anfangs) der Übergang der

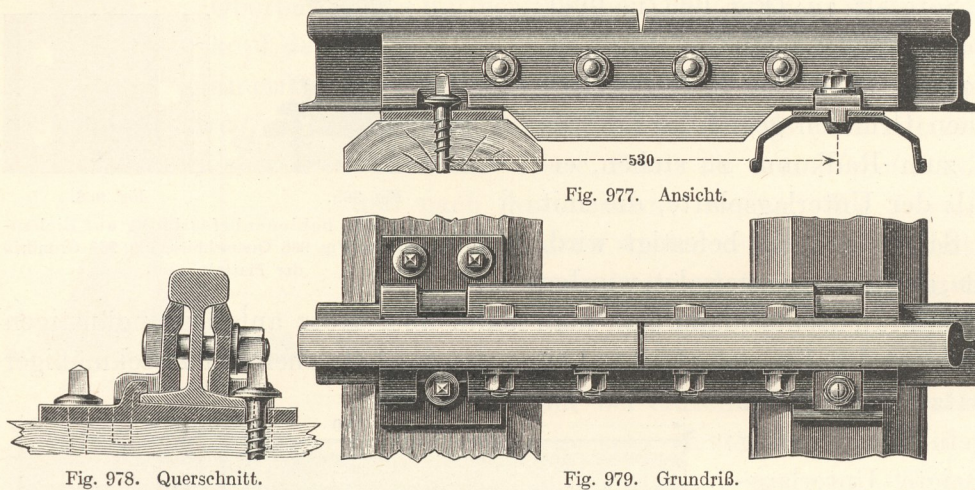


Fig. 978. Querschnitt.

Fig. 977. Ansicht.

Fig. 979. Grundriß.

Fig. 977—979. Stoßverbindung auf Holz- und Eisenschwellen.

vermeiden, müßte im Augenblicke des Radüberganges von einer auf die andere Schiene nicht nur die Höhe beider Schienenköpfe genau gleich, sondern auch jeder Richtungsunterschied in diesem Augenblicke verhindert sein. Da nun aber jedes Schienenende sich unter der Last niederdrückt, so wird es kaum je gelingen, solche augenblicklichen kleinen Verschiebungen der

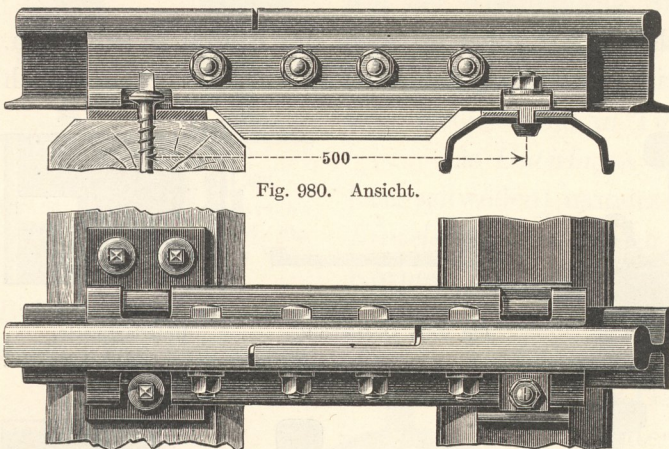


Fig. 980. Ansicht.

Fig. 981. Grundriß.

Fig. 980 und 981. Blattstoßverbindung auf Holz- und Eisenschwellen.

Schienenkopffläche unter der Last auf die Dauer zu verhindern. Die zurzeit allgemein übliche Bauart der Stoßverbindung zeigt beiderseitige Stahllaschen, die sich mit ihren ebenen Anschlußflächen zufolge der Schraubwirkung zwischen die gleichfalls ebenen Flächen an Kopf und Fuß der Schiene einspannen, ohne den Schienensteg zu berühren, und so die Last übertragen. Um diese Übertragung elastisch zu machen, die Richtungsunterschiede tunlichst zu vermindern und zugleich reichliche Unterstützung darzubieten, wird der Schienenstoß fast überall „schwebend“ hergestellt, d. h. nicht in einem Punkte, sondern in zwei nahe benachbarten Punkten unterstützt. Auch die nächsten Schwellen folgen in verkleinertem Abstand, um die Senkungen der Schienenenden zu vermindern. So entsteht die in Längsansicht, Querschnitt und Grundriß in Fig. 977—979 dargestellte Stoßverbindung. Die Lasche ist durch einen senkrechten Ansatz verstärkt, jedoch so ausgeschnitten, daß sie beiderseits gewisse Befestigungsteile umklammert und dadurch das Gestänge gegen Längsverschiebung verspannt. Dies ist erforderlich, weil eine Durchbohrung oder Einklinkung des Schienenfußes (wie sie früher bei weichen Eisenschienen üblich war) bei Stahlschienen unzulässig ist. Die Schraubenlöcher im Schienensteg müssen der Wärmebewegung der Schienen genügenden Spielraum bieten. Auf Holzquerschwellen sind die beiden Unterlagsplatten am Stoß größer und stärker als die übrigen (s. oben) und zugleich mit einem Haken an der Außenseite der Schiene versehen, der wie die Haarmannsche Hakenplatte auf Eisenschwellen den Schienenfuß umfaßt und so für die Gestalt der Laschen volle

Räder sanft und ohne Schlag erzielt wurde.

Die *Stoßverbindung* der Schienen bildet den schwierigsten Punkt des Eisenbahngleises. Um nämlich die für Oberbau und Betriebsmaterial nachteiligen und für die Fahrgäste lästigen Erschütterungen beim Überschreiten des Schienenstoßes

durch die Räder zu

Gleichheit auf Holz- und Eisenquerschwellen ermöglicht. In Fig. 977 und 979 ist demgemäß eine Eisen- und eine Holzschwelle gezeichnet. — Neben dieser regelmäßigen Stoßform sind auch verschiedene Arten des *Blattstoßes* zur Ausführung gelangt, die, ebenso wie die oben erwähnte Schwellenschiene, ein Überblatten des Endes der einen Schienenkopfhälfte durch die andere und dadurch einen stoßfreien Radübergang bezwecken (Fig. 980 u. 981).

Die *Bettung* zwischen den Schienen bezweckt die Druckverteilung unter den Schwellen auf den Erdkörper, die Trockenhaltung, die Unschädlichmachung des Frostes sowie die Sicherung der Lage des Gleises in senkrechter und wagerechter Richtung. Der Bettungsstoff muß genügende Festigkeit gegen Zerdrücken besitzen und durchlässig, daher frei von erdigen Bestandteilen sein. Die einzelnen Stücke müssen gegen Frost und Verwittern beständig sein und möglichst viel Reibung aneinander entwickeln, am besten also scharfe Kanten haben, damit sie, durch die Schläge der Stopfhacke fest unter die Schwellen gepreßt, tunlichst lange in solcher Lage verbleiben. Das beste Material ist Steinschlag von festen natürlichen Steinen, aber auch fester, reiner Kies ist verwendbar.

4. Betriebseinrichtungen.

Die *Betriebseinrichtungen* bilden einen sehr wichtigen Bestandteil der Bahnanlagen. Hier kommen zunächst die Verbindungen der Gleise zum Übergang von Fahrzeugen aus einem Gleis in das andere in Betracht, und zwar Weichen, Drehscheiben und Schiebebühnen. Die beiden letzteren dienen nur zum Übergang je eines Fahrzeuges, die Weichen zum Übergang ganzer Züge oder Zugteile.

Weichen. Jede *Weiche* besteht aus drei Teilen: einem beweglichen, der *Ausweichvorrichtung* (1 in Fig. 982), und zwei festen Teilen, dem *Herzstück* (2) und dem *Weichenbogen*, der zwischen Ausweichvorrichtung und Herzstück liegt. Die Ausweichvorrichtung, auch *Wechsel* genannt, muß beweglich sein, damit ein in der Pfeilrichtung fahrender Eisenbahnzug je nach Bedarf in das *Stammgleis* I fahren kann oder in das *Zweiggleis* II abgelenkt wird. Ihre einfachste Konstruktion ist die *Schleppweiche*; sie besteht aus zwei gewöhnlichen Schienenstücken, die durch eine Stange verbunden und an einem Ende drehbar sind und entweder für das Hauptgleis oder das abzweigende Gleis dienen. Die Schleppweiche besitzt aber den Nachteil, daß sie stets ein Gleis offen läßt und daher einen Zug bei Ausfahrt aus der Weiche (entgegengesetzt der Pfeilrichtung in Fig. 982) bei falscher Weichenstellung zur Entgleisung bringen kann. Dies verhindert die *Zungenweiche*, bei der die Ausweichvorrichtung außer von den beiden äußeren durchlaufenden Schienen, den *Backenschienen*, durch zwei Weichenzungen gebildet wird. Wenn eine dieser Zungen, die durch eine Spurstange verbunden sind, an die zugehörige Backenschiene anliegt, ist die andere Zunge so weit von ihrer Backenschiene entfernt, daß für die Spurkränze der Räder eines durchfahrenden Zuges genügend Raum ist. Eine Entgleisung durch falsche Weichenstellung ist daher ausgeschlossen; bei der Einfahrt in die Weiche wird das Fahrzeug nur in ein anderes Gleis abgelenkt, als beabsichtigt war; bei Ausfahrt aus der Weiche wird diese durch die Spurkränze der Räder „aufgeschnitten“ und dadurch von selbst umgestellt. Die Bewegung der Weichenzungen geschieht für die Bedienung mit Hand durch eine Umstellvorrichtung mit Gegengewicht (*Weichenbock*), die mit Signalen (*Weichensignalen*) versehen ist und dadurch die Stellung der Weiche schon von weitem sichtbar macht. Bei wichtigen Weichen oder großen Weichengruppen erfolgt die Umstellung nicht mit Hand, sondern von *Stellwerken* aus, in die Drahtzüge von den Weichen aus eingeführt werden. Hinter dem Weichenbogen müssen an der Durchschneidungsstelle der beiden Gleise die Schienen unterbrochen werden, um den Spurkränzen der Räder Raum zu lassen. Dies geschieht durch Einlegung des Herzstückes (2 in Fig. 982). Man unterscheidet *Block-* und *Schienenherzstücke*. Erstere sind aus einem Stück gegossen, die Schienenherzstücke sind aus gewöhnlichen Schienen hergestellt, die vorn in einer Spitze

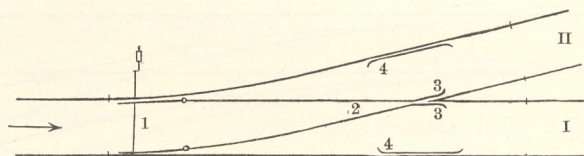


Fig. 982. Normalweiche.

zusammenlaufen. Der Winkel, unter dem die Schienen am Herzstück zusammenlaufen, heißt die „Neigung des Herzstückes“ und bezeichnet gleichzeitig den Weichenwinkel. Durch die Unterbrechungen der Schienen am Herzstück fehlt den Rädern der Fahrzeuge auf eine kurze Strecke die Unterstützung und Führung. Erstere wird ersetzt durch die *Flügelschienen* 3 (Fig. 982), letztere durch die *Zwangschienen* oder *Radlenker* 4. Die Flügelschienen sind Verlängerungen der inneren Schienen der Weiche; die Zwangschienen liegen dem Herzstück gegenüber an den Innenseiten der äußeren Schienen. Eine besondere Weichenart stellt die *Kletterweiche* dar, bei der jede Unter-

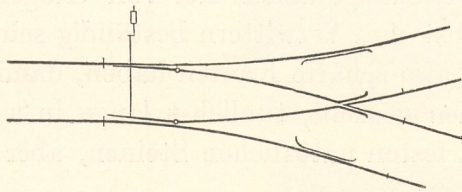


Fig. 983. Unsymmetrische Zweibogenweiche.

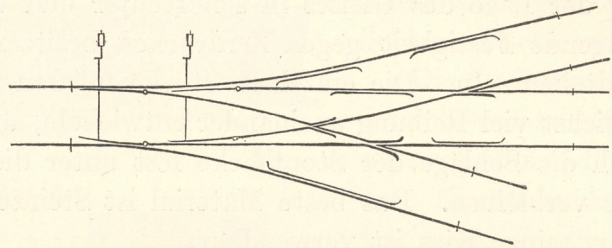


Fig. 984. Unsymmetrische Doppelweiche.

brechung der Hauptgleise fehlt, und die daher zu Abzweigungen von Anschlußgleisen auf der freien Strecke dient.

Man unterscheidet an Weichenformen: *Normal-* oder *einfache Weiche* (Fig. 982), die eine Abzweigung aus dem gerade fortlaufenden Gleis ist; sie heißt

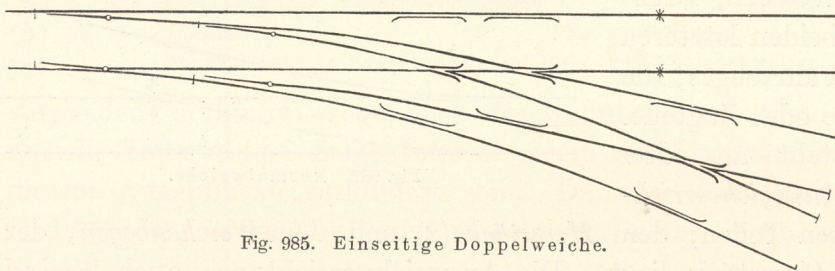


Fig. 985. Einseitige Doppelweiche.

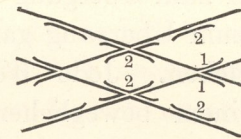


Fig. 986. Gleiskreuzung.

Rechts- oder *Linksweiche*, je nachdem bei der Einfahrt in die Weiche der gekrümmte Strang nach rechts oder links abzweigt. Sind beide Stränge einer Weiche gekrümmt, so nennt man diese *Zweibogenweiche* (Fig. 983). Sie wird zweckmäßig immer unsymmetrisch ausgebildet.

Werden aus einem Gleis gleichzeitig zwei andere abgezweigt, so entsteht die *Doppelweiche* (Fig. 984 u. 985), die auch immer unsymmetrisch gebaut wird. Es lenken dann entweder die beiden abzweigenden Stränge nach verschiedenen Seiten ab (Fig. 984) oder beide nach einer Seite (Fig. 985); letztere Art heißt *einseitige Doppelweiche*. Durch Fortnahme des gerade durchlaufenden Gleises entstehen die oben bereits genannten Zweibogenweichen.

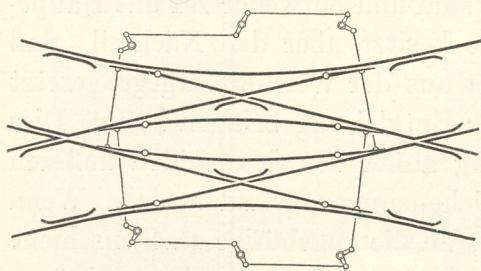


Fig. 987. Kreuzungsweiche.

Eine *Gleiskreuzung* (Fig. 986) ist die Durchschneidung zweier Gleise in einer Ebene. Sie besteht aus zwei Herzstücken am spitzen Winkel und zwei Kreuz- oder Doppelherzstücken am stumpfen Winkel nebst Flügelschienen 1 und Zwangschienen 2. Die *Kreuzungsweiche* (Fig. 987), auch *englische Weiche* genannt, ist die Vereinigung einer Gleiskreuzung mit Weichen, derart, daß ein Übergang aus dem einen geradlinigen Gleis in das andere ermöglicht ist, und zwar entweder nur auf der einen oder auf beiden Seiten, danach *einseitige* oder *einfache* und *beiderseitige* oder *doppelte Kreuzungsweiche* genannt.

Drehscheiben verbinden Gleise, die sich unter einem beliebigen Winkel schneiden. Außerdem dienen sie dazu, Fahrzeuge um 180° zu drehen (z. B. Lokomotive mit Tender, wenn sie nicht mit dem Tender voranfahen soll), sowie als Zugangsmittel zu Gebäuden, besonders Lokomotivschuppen, Reparaturwerkstätten usw. Die Drehscheiben sind in Gruben derart gelagert, daß die Schienenoberkanten auf der Drehscheibe gleich hoch mit denen der anschließenden Gleise liegen. Damit die Scheibe gegen Bewegungen beim Auf- und Abfahren der Fahrzeuge

gesichert ist, besitzt sie eine Feststellvorrichtung. Nach der Gesamtanordnung (Fig. 988—991) unterscheidet man *Vollscheiben* und *Teilscheiben*. Die ersteren, bei denen die Grube völlig bedeckt ist, besitzen zwei rechtwinklig oder drei unter 60° sich schneidende Gleise; nach der Form unterscheidet man: *Kreuzscheibe* (Fig. 988) und *Sternscheibe* (Fig. 989). Die Teilscheiben (Fig. 990) überdecken nur einen Teil der Grube und tragen nur ein Gleis. Bei ihnen liegt der Drehpunkt in der Mitte der kreisrunden Grube. Teilscheiben bilden die Regel für Lokomotiven. Bei den *Pendelscheiben* (Fig. 991), die keinen vollen Kreis, sondern nur einen kleinen Kreisabschnitt beschreiben können, ist der Drehzapfen an einem Ende der Scheibe gelagert. Die Unterstüzung der Drehscheiben geschieht durch zwei Eisenblechträger. Diese sind durch Querträger versteift, von denen die in der Nähe des Drehpunktes liegenden mittels eines Gußstückes und zweier starker Tragschrauben die Last auf ein Querstück aus Gußstahl übertragen, in das der Zapfen eingesetzt ist. Der äußere Umfang der Scheiben trägt Räder, die sich auf eine in der Grube gelagerte Schiene stützen und zum Tragen der Drehscheibe oder nur zur Führung dienen.

Schiebebühnen sind Vorrichtungen zur Verschiebung einzelner Fahrzeuge rechtwinklig zu parallel laufenden Gleisen. Sie ermöglichen daher, ein Fahrzeug von einem dieser Gleise in ein beliebiges anderes zu bringen. Die Unterstüzung des Gleises der Schiebebühnen besteht aus zwei Längsträgern, die durch Querträger verbunden sind. An diesen sind Räder angebracht, die auf rechtwinklig zu den Fahrgleisen liegenden Schienen laufen. Man unterscheidet *versenkte* und *unversenkte Schiebebühnen*, oder solche *mit* bzw. *ohne Laufgrube*. Bei ersteren liegen

die Laufgleise in einer Grube, die etwa 40—50 cm tiefer ist als die dadurch vollständig unterbrochenen Fahrgleise. Bei den letzteren befinden sich Lauf- und Fahr-schienen in gleicher Höhe, und die Fahr-schienen sind daher nicht oder nur auf ganz kurze Strecken unterbrochen.

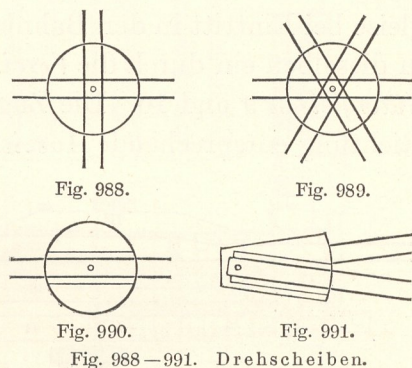


Fig. 988.

Fig. 989.

Fig. 990.

Fig. 991.

Fig. 988—991. Drehscheiben.

C. Bahnhöfe, Betriebs- und Sicherungsanlagen.

I. Bahnhöfe.

Bahnhöfe sind Örtlichkeiten für den öffentlichen Verkehr zwischen Publikum und Eisenbahn und zugleich für die Erledigung der Geschäfte des inneren Betriebsdienstes, also eine Verbindung von Verkehrs- und Betriebsanlagen für den *Personen-* und für den *Güterverkehr* nebst Betriebsanlagen für den *Rangier-* (Verschiebe-) *Dienst* und für den *Werkstätdienst*.

Die *Personenbahnhöfe* bestehen aus Gleisanlagen mit seitlichen oder zwischenliegenden, offenen oder bedeckten Bahnsteigen nebst Empfangs- und Nebengebäuden sowie Räumen und Laderampen für Post- und Eilgut, Rampen für Kutschen, Pferde usw. Hierzu kommen an Orten, wo Personenzüge regelmäßig zusammengestellt werden, noch die als *Abstellbahnhof* bezeichneten Betriebsanlagen, nämlich: Gleise zum Aufstellen, Reinigen und Neuordnen der Personenzüge, dazu Wagen- und Lokomotivschuppen nebst Zubehör an Gleisen, Drehscheiben, Kohlenbühnen und Wasserstationen; auch Anstalten zur Versorgung der Personenwagen mit Leuchtgas usw.

Die *Güterbahnhöfe* gliedern sich weiter in Stückgut-, Rohgut-, Vieh- und Hafenbahnhöfe. Die *Stückgutbahnhöfe* (Güterbahnhöfe im engeren Sinne) für stückweise zu verwegende Sendungen bestehen aus Güterschuppen nebst zugehörigen Gleisanlagen; die *Rohgutbahnhöfe* für Wagenladungsverkehr mit Feldfrüchten, Kohlen, Steinen, Erz, Holz usw. werden aus wiederholten, stumpf endigenden Gruppen von je zwei Gleisen mit zwischengelegten Ladestraßen gebildet, nebst Zubehör an Brückenwagen, Rampen, Kranen usw. Die *Viehbahnhöfe* enthalten an und zwischen den Gleisen größere Rampenanlagen zur Verladung des Viehes, Stallungen, Anlagen zum Füttern und Tränken der Tiere sowie zum Reinigen und Desinfizieren der Wagen mit kaltem und heißem

Wasser. Die *Hafenbahnhöfe* bilden, namentlich bei Seehäfen, weit ausgedehnte Gleisanlagen mit Schuppen, Speichern, Hebevorrichtungen, die sich an den Schiffskais entlang ziehen.

Die *Rangier- oder Verschiebebahnhöfe* bestehen aus zahlreichen Gleisgruppen nebst Stellwerken zum Zerlegen und Neuordnen von Güterzügen; dazu kommen Umladerampen oder -schuppen, Brückenwagen, Lokomotivschuppen mit Zubehör, Dienstgebäude usw. Die *Werkstättenanlagen* dienen zum Instandhalten und Wiederherstellen der Lokomotiven und Wagen, enthalten deshalb eine große Zahl von Gleisen und Gebäuden von zum Teil sehr großer Ausdehnung.

Alle diese einzelnen Teile können sich bei großen Verkehrsplätzen zu selbständigen Sonderbahnhöfen entwickeln. Bei kleineren Orten pflegen dagegen die Bestandteile in enger Verbindung bis zu einer einzigen gemeinsamen Anlage vereinigt zu sein. Ein Beispiel des Gleissystems einer solcher einfachen, aber vollständig ausgebildeten *Durchgangsstation* gibt Fig. 992. In den Hauptgleisen 1 und 2 halten nur die Personenzüge an den in der Fahrtrichtung gegeneinander vorgeschobenen Bahnsteigen vor dem Empfangsgebäude III. Die Güterzüge verlassen die Hauptgleise bei Eintritt in den Bahnhof mittels der *Spaltungsweichen* 3, 3 und treten bei Abgang wieder in dieselben ein durch die *Vereinigungsweichen* 4, 4; inzwischen halten sie in den *Überholungs- oder Gütergleisen* 9 und 10. Die Zugmaschine geht sodann mit den abzusetzenden Wagen in das ihrer Richtung entsprechende *Ausziehgleis* 7—8 vor und stößt die Wagen rückwärts in eins der *Aufstellgleise* 5, 6 ab. Sie nimmt sodann aus dem anderen Aufstellgleis die zur Abfahrt in ihrer Richtung bereitgestellten Wagen heraus und setzt sich mit ihnen vor den Güterzug, so daß dieser nun zur Abfahrt fertig ist. Für die Richtung I—II kann das Ausziehgleis 8 allenfalls entbehrt werden, da das Rangieren im Ausfahringleis (ohne Berührung

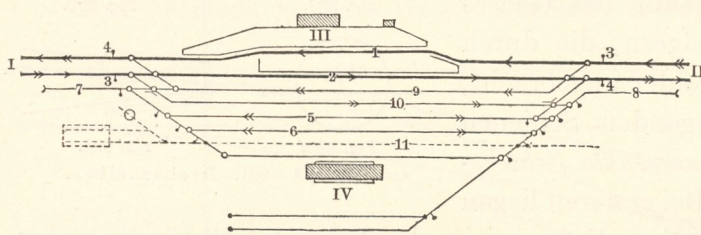


Fig. 992. Gleissystem einer Durchgangsstation.

des Einfahringleises) minder gefährlich ist. Die in dem Aufstellgleis für Ankunft (6) abgesetzten Wagen werden dann mit Hand (oder Bahnlokomotive) zu den Ladestellen (Güterschuppen IV) und nach Abfertigung zurück in das Aufstellgleis für Abfahrt (5) gebracht. Das *Durchlaufgleis* 11 ist namentlich zur Anknüpfung weiterer Gleisanlagen (z. B. des punktierten Lokomotivschuppens mit Drehscheibe u. a.) bestimmt. Die Doppelpfeile in den Aufstellgleisen bezeichnen die Fahrtrichtung der zugehörigen Güterzüge oder Zugteile.

Zum Verständnis der größeren Bahnhofsanlagen empfiehlt sich folgende Einteilung: Nach der Lage zum Bahnnetz sind zunächst zu unterscheiden: *End-, Zwischen-, Trennungs- (oder Anschluß-)* und *Kreuzungsstationen*, dazu Kombinationen, wie z. B. Verbindungen von End- mit Zwischen- oder Kreuzungsstationen, mehrfache Trennungsstationen (Knotenpunktstationen). Bezüglich der Grundrißbildung der *Personenbahnhöfe* sind sodann weiter die Kopf-, Durchgangs-, Keil- und die Inselform zu bemerken, je nachdem die Hauptgleise stumpf endigen, durchgehen, von zwei Richtungen keilförmig zusammenlaufen oder die Bahnsteige nebst Gebäuden allseitig umschließen. *Kopfstationen* sind anfangs in Deutschland oft angelegt worden, indem man eine Weiterführung über den als Endstation gedachten Bahnhof hinaus oder eine Verbindung mit anderen Bahnlinien nicht voraussah. Sie wurden jedoch bei zunehmender Verdichtung des Eisenbahnnetzes und damit steigender Betriebserschwerung meist durch Um- oder Neubauten ersetzt. Nur an ausgesprochenen Endpunkten großer Bahnsysteme, in einzelnen Großstädten auch als Knotenpunkte zusammenlaufender Bahnen, hat man bei neuen Ersatzbauten die Kopfform beibehalten, wenn die örtlichen Verhältnisse andernfalls eine zu große Entfernung des Bahnhofes vom Innern der Stadt bedingt haben würden. Ein Beispiel einer großen Kopfstation ist der erst zur Hälfte in Betrieb genommene *Hauptbahnhof Leipzig* (Fig. 993) mit 26 in das Empfangsgebäude einmündenden Hauptgleisen; die Gesamtfront des Hauptgebäudes wird 298 m lang.

Die *Durchgangsform* mit Vorgebäude, d. h. einseitig neben den Gleisen (seltener beiderseits) gelegenes Empfangsgebäude, einem Haupt- und einem Zwischenbahnsteig (Fig. 992), seltener mit

beiderseitigen Außensteigen, ist die für Zwischenstationen allgemein übliche (in den schematischen Figuren bedeuten die einfachen Pfeile die Fahrtrichtung der Personenzüge, die Doppelpfeile die der Güterzüge). Dieselbe Form, durch mehrfache Wiederholung des Zwischensteigs, auch wohl durch Hinzunahme eines Außensteigs erweitert, findet Verwendung für den Zusammenlauf mehrerer Linien, namentlich wenn sie alle oder größtenteils weitergeführt sind. Während man die Überschreitung der Schienen durch das Publikum von einem zum anderen Bahnsteig früher allgemein zuließ, legt man neuerdings bei lebhaftem Verkehr großen Wert auf die Anlage schienenfreier Zugänge zu den Bahnsteigen und dem Gebäude. Zugleich wird mittels Hochlegung der Bahn (oder der Straßen) eine schienenfreie Kreuzung mit den Straßenzügen erzielt.

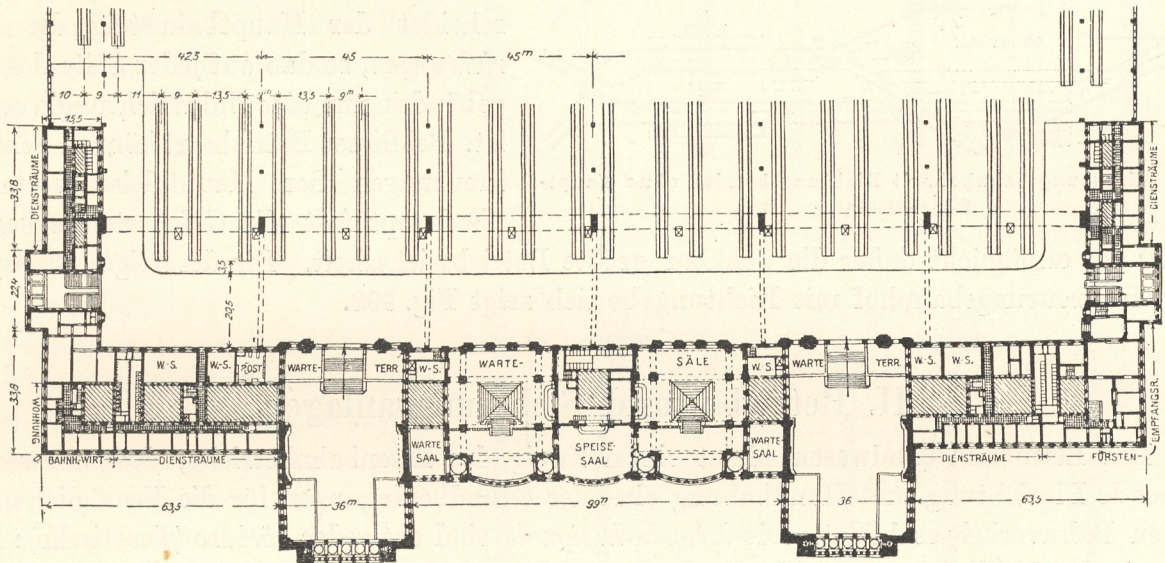


Fig. 993. Hauptbahnhof Leipzig (Grundriß in Bahnsteighöhe).

Die Keilform (Fig. 994 u. 995) ist die Grundform für den Zusammenlauf zweier Bahnen, oder, was dasselbe ist, für die einfache Trennungsstation (von I nach II und III), indem sie an der offenen Basis des Keiles einen sehr geeigneten Platz für das Empfangsgebäude und dessen Zugang darbietet. Die reine Keilform des Grundrisses (Fig. 994) ist seltener als die zum langen Rechteck

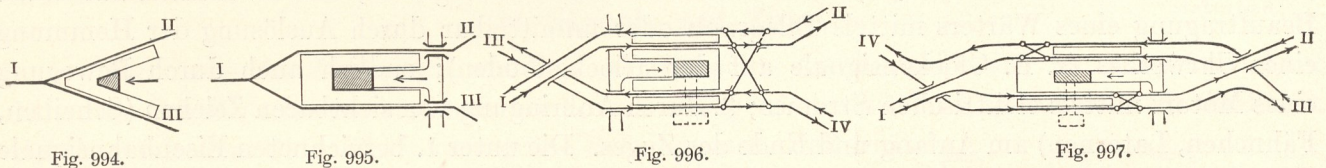


Fig. 994 und 995. Trennungsbahnhöfe in Keilform, für Teilung einer Linie von I in zwei solche nach II und III. Fig. 996. Kreuzungsbahnhof, Inselform mit Keil- oder Linienbetrieb. Fig. 997. Kreuzungsbahnhof, Inselform mit Richtungsbetrieb.

ausgedehnte Keilform (Fig. 995) mit Zufahrt an einer Giebelseite des Empfangsgebäudes und meistens mittels Unter-, seltener Überschreitung beider Bahnarme an der Wurzel des Keiles. Diese Form ist namentlich bei Zusammenführung mehrerer Linien und bei Kreuzungsstationen zur Anwendung gelangt, wobei dann die Kreuzung der Hauptgleise besser außerhalb der Station durch Überbrückung erfolgt. Solche Stationen werden oft als *Inselbahnhöfe* bezeichnet, weil das Hauptgebäude nicht ohne Kreuzung von Gleisen zu erreichen ist. In der Tat wird durch eine solche Anlage die Möglichkeit geboten, auch am Wurzelende des Keiles Gleisverbindungen (Nebengleise) zu Übergangsbewegungen usw. zwischen beiden Bahnarmen herzustellen, also die Bahnsteiganlage allseitig mit Gleisen zu umschließen. An der Betriebsart des ursprünglichen Keilbahnhofes wird dadurch jedoch nichts geändert; solche Anlagen werden deshalb folgerichtig als *Inselbahnhöfe mit Keilbetrieb* oder *Linienbetrieb* (Fig. 996) bezeichnet. Bei ihnen scheidet das Empfangsgebäude mit dem Hauptbahnsteig die *Bahnlinien* voneinander, so daß jeder der beiden Bahnen eine Seite mit Bahnsteigen zugeteilt ist.

Behufs Erzielung kürzesten Zuganges zum *Inselgebäude* und den Bahnsteigen wird neuerdings oft ein Straßentunnel vom Vorplatz aus hinzugefügt, auch dessen Eingang mit einem *Vorgebäude* überbaut, das die Räume für die Fahrkartenausgabe, Gepäckabfertigung usw. aufnimmt, während dem Inselgebäude in Bahnsteighöhe nur die Warteräume nebst Restauration und Zubehör sowie die Diensträume für Bahnhofsaufsicht und Bahntelegraph verbleiben. Die Gepäckbeförderung zu den Bahn- bzw. Gepäcksteigen erfolgt dann vom Vorgebäude aus mittels Gepäcktunnel und Aufzügen. Die Zufahrtstraßen zur Giebelseite des Gebäudes können hierbei wegfallen. Eine andere, sehr häufige Verbindung von Durchgangs- und Kopfgleisen ergibt sich bei Einführung dieser Endgleise *außerhalb* der Durchgangsgleise (meist vor denselben an der Stadtseite).

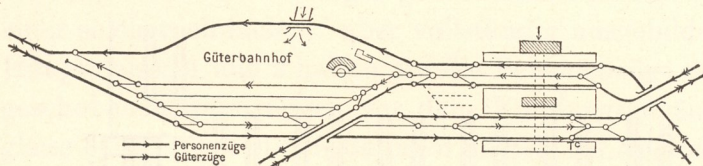


Fig. 998. Kreuzungsbahnhof mit Richtungsbetrieb ohne Hauptgleiskreuzung.

Bei dem *Richtungsbetrieb* (Fig. 997) scheidet der Hauptbahnsteig die *Fahrtrichtungen*, so daß auf jeder Seite des Inselgebäudes nur *eine* Fahrtrichtung vertreten ist. Bei dieser Betriebsart können Schienenkreuzungen der Hauptgleise vermieden, überhaupt fast alle Gefahrstellen beseitigt

werden; sie ermöglicht daher die denkbar größte Betriebssicherheit. Ein derartiges Gleissystem für einen Kreuzungsbahnhof mit Richtungsbetrieb zeigt Fig. 998.

II. Betriebs- und Sicherungsanlagen.

Das **Eisenbahnsignalwesen** bildet einen Zweig des Eisenbahnbetriebs, dessen zweckentsprechende Einrichtung und Handhabung eine der Grundbedingungen für die Ermöglichung des heutigen Bahnverkehrs bildet. Die *Eisenbahnsignale* sind entweder *hörbare* (akustische): Horn- (Pfeifen-) oder Glockentöne, ausnahmsweise auch Knallsignale, oder *sichtbare* (optische): Arme oder Scheiben, bei Abend farbige und weiße Lichter an Signalmasten, am Zuge, an Weichenböcken, Wasserkranen u. s. f. Die *Signalgebung*, d. h. die Veranlassung der Signalerscheinung an entfernter Stelle, erfolgt: 1. bei Signalen für kurze Entfernungen *unmittelbar* durch Zuruf, Hornblasen, Pfeifen, Läuten, Bewegen einer Handfahne, Scheibe oder Laterne; 2. bei sichtbaren und hörbaren Signalen auf weitere Entfernung a) auf *mechanischem* Wege durch Drahtzug bis 600, auch 800 m, seltener durch Wasser- oder Luftdruck; b) auf *elektrischem* Wege beliebig weit, und zwar mittelbar durch Beauftragung eines Wärters mittels Telegraph oder unmittelbar durch Auslösung der Hemmung eines Uhrwerkes (z. B. Glockensignale auf den Glockenbuden); endlich auch durch Bewegung eines Motors mittels elektrischen Stromes; 3. durch Anbringung von sichtbaren Zeichen (Scheiben, Fähnchen, Laternen) am Anfang und Ende des Zuges. Die unter 1. bezeichneten Eisenbahnsignale dienen namentlich zur Verständigung des Bahnhofs- und Zugpersonals untereinander beim Rangieren; die unter 2. bezeichneten teils zur Benachrichtigung des Zugpersonals über „Freie Fahrt“ oder „Halt“, teils, ebenso wie die zu 3., zur Benachrichtigung des Streckenpersonals (Bahnwärter, Streckenarbeiter) über Abgang der regelmäßigen und etwaiger außergewöhnlicher Züge oder Lokomotiven usw. Bei Hauptbahnen zeigen namentlich die elektrisch ausgelösten Glockensignale durch Anzahl der Einzeltöne und der Tongruppen Abgang und Richtung des Zuges sowie etwaige Gefahr oder Betriebsruhe an.

Von besonderer Wichtigkeit sind die Bahnhofsabschluß- und Vorsignale sowie die Weichen-, Abzweigungs- und Fahrstraßensignale, die dem Lokomotivführer auf genügende Entfernung Sicherheit über die Freiheit oder Sperrung seines Weges geben sollen. Auch die Stationsbeamten müssen an den Weichensignalen mit Sicherheit erkennen können, ob die Fahrstraße für einen ein- oder abzulassenden Zug richtig eingestellt ist. Werden die Entfernungen dafür zu weit, so muß durch besondere Vorrichtungen (z. B. selbsttätige Nachahmung der Weichenbewegung an kleinen Wandmodellen im Stationsbureau auf elektrischem Weg) Ersatz geschafft werden für die unmittelbare Sichtbarkeit. Zu solchen und vielen anderen Zwecken dienen die *Stellwerke*.

1. Mast- und Vorsignale.

Für die Ein- und Ausfahrt der Züge kommen *Mastsignale* in Frage: ein Signalarm nach rechts wagerecht bzw. rotes Licht bedeutet Halt; der Signalarm nach 45° aufwärts bzw. grünes Licht bedeutet Freie Fahrt. Für abzweigende Gleise kommen zwei oder drei Arme vor, damit dem Führer schon von fern angekündigt wird, in welches Gleis er einfährt (Fig. 999—1005).

Um die Stellung der Mastsignale (II in Fig. 999—1002) schon von weitem sichtbar zu machen, dienen *Vorsignale* (I in Fig. 999—1002); diese sind mit den Mastsignalen so in Verbindung, daß beide zu gleicher Zeit gestellt werden. Eine grüne Scheibe oder grünes Licht am Vorsignal zeigt an, daß das Mastsignal auf Halt steht; ist die Scheibe parallel oder wagerecht zum Gleis oder zeigt sich weißes Licht am Vorsignal, so steht das Hauptsignal auf Freie Fahrt.

Die Stellung der Weichen wird dem Führer durch die *Weichensignale* kenntlich gemacht. Der Signalkasten der Weichenlaterne ist zu diesem Zwecke so angeordnet, daß er sich beim Stellen der Weiche um 90° dreht. Eine rechteckige weiße Scheibe zeigt an, daß die Weiche auf das gerade Gleis gestellt ist (Fig. 1006). Pfeile nach rechts (Fig. 1007) oder links (Fig. 1008) zeigen die Ablenkung an; eine runde weiße Scheibe (Fig. 1009) kennzeichnet die Ausfahrt aus dem gekrümmten Gleis.

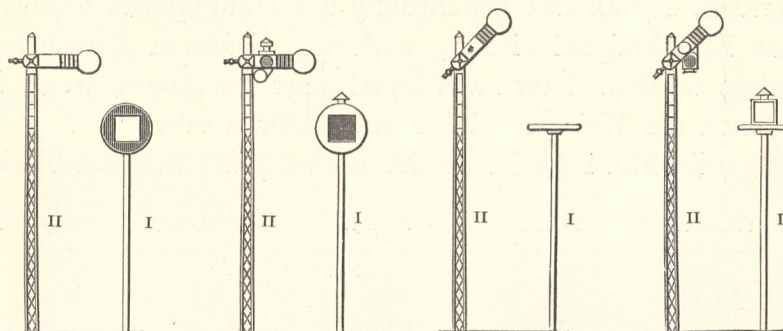


Fig. 999. Fig. 1000. Fig. 1001. Fig. 1002.
Fig. 999 und 1000. Haltesignal (Fig. 999 bei Tage, Fig. 1000 bei Nacht). Fig. 1001 und 1002. Signal „Freie Fahrt“ (Fig. 1001 bei Tage, Fig. 1002 bei Nacht).

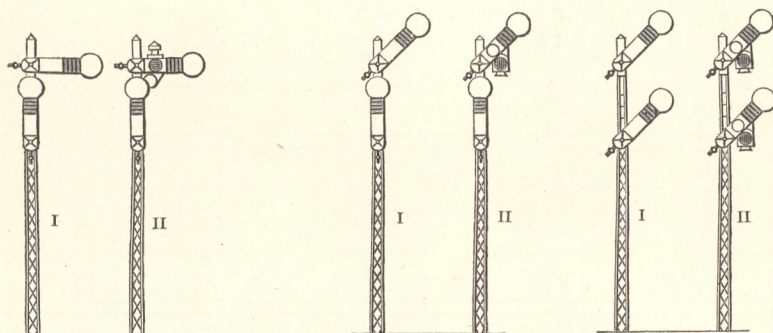


Fig. 1003. Fig. 1004. Fig. 1005.
Fig. 1003. Signal „Halt“ für alle Gleise (I bei Tage, II bei Nacht). Fig. 1004 und 1005. Signal „Freie Fahrt“ (Fig. 1004 für das durchgehende Gleis, I bei Tage, II bei Nacht; Fig. 1005 für das abzweigende Gleis, I bei Tage, II bei Nacht).

○ ● ●
Weiß, Grün, Rot.
Farben der Signal-
laternen.

2. Signale am Zuge.

Die *Spitze des Zuges* wird am Tage nicht, nachts durch zwei weiße Laternen bezeichnet. Eine rote Scheibe oder nachts zwei rote Laternen zeigen an, daß der Zug auf dem für die Fahrtrichtung falschen Gleis fährt; eine grüne Scheibe vorn, daß ein Sonderzug in entgegengesetzter Richtung zu erwarten ist. Der *Schluß des Zuges* wird durch zwei rot und weiße Oberwagenscheiben und eine rote Scheibe am rechten Puffer, nachts durch entsprechende rote Laternen bestimmt, damit der Wärter darüber klar ist, daß der ganze Zug durchgelaufen ist und nicht etwa unterwegs sich Wagen abgetrennt haben, die einen nachfolgenden Zug gefährden können. Folgt ein Sonderzug nach, so besteht das Schlußsignal bei Tage aus einer rotweißen Scheibe rechts, einer grünen Scheibe links und einer roten unten; bei Nacht aus einer grünen Laterne links und je einer roten rechts und unten.

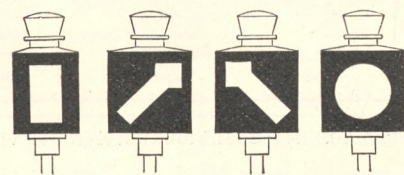


Fig. 1006. Fig. 1007. Fig. 1008. Fig. 1009.
Fig. 1006—1009. Weichensignale.

3. Streckenblockung.

Durch diese erfolgt die Sicherung der Züge auf der freien Strecke; hierbei wird die Bahn ihrer ganzen Länge nach in Abschnitte, *Blockstrecken*, zerlegt. Auf den Blockstationen befinden sich die *Blockwerke*, d. h. Apparate, die dem bedienenden Beamten anzeigen, ob die vor ihm liegende Strecke durch einen Zug besetzt oder ob sie frei ist. Grundsatz hierbei ist,

daß sich innerhalb einer Blockstrecke immer nur ein Zug befinden darf, und daß der Wärter erst wieder einen Zug einfahren lassen kann, wenn die vor ihm liegende Station ihm die Erlaubnis dazu erteilt. Die Stellung der Signale und Weichen ist dabei so in Abhängigkeit voneinander gebracht, daß der Wärter zunächst die Weichen richtig stellen muß, wobei gleichzeitig sogenannte *feindliche Weichen*, d. h. solche, die in die Fahrstraße münden, verriegelt werden, so daß eine Gefährdung des Hauptgleises unmöglich gemacht wird; erst dann läßt sich das Einfahrsignal ziehen, wodurch wiederum sämtliche in Frage kommenden Weichen festgelegt werden. Erst nach Durchfahrt des Zuges, wenn das Signal wieder auf Halt gestellt ist, können die Weichen wieder umgestellt werden.

In Fig. 1010 ist die Einrichtung der Streckenblockung („vierfeldrige Form“) dargestellt.

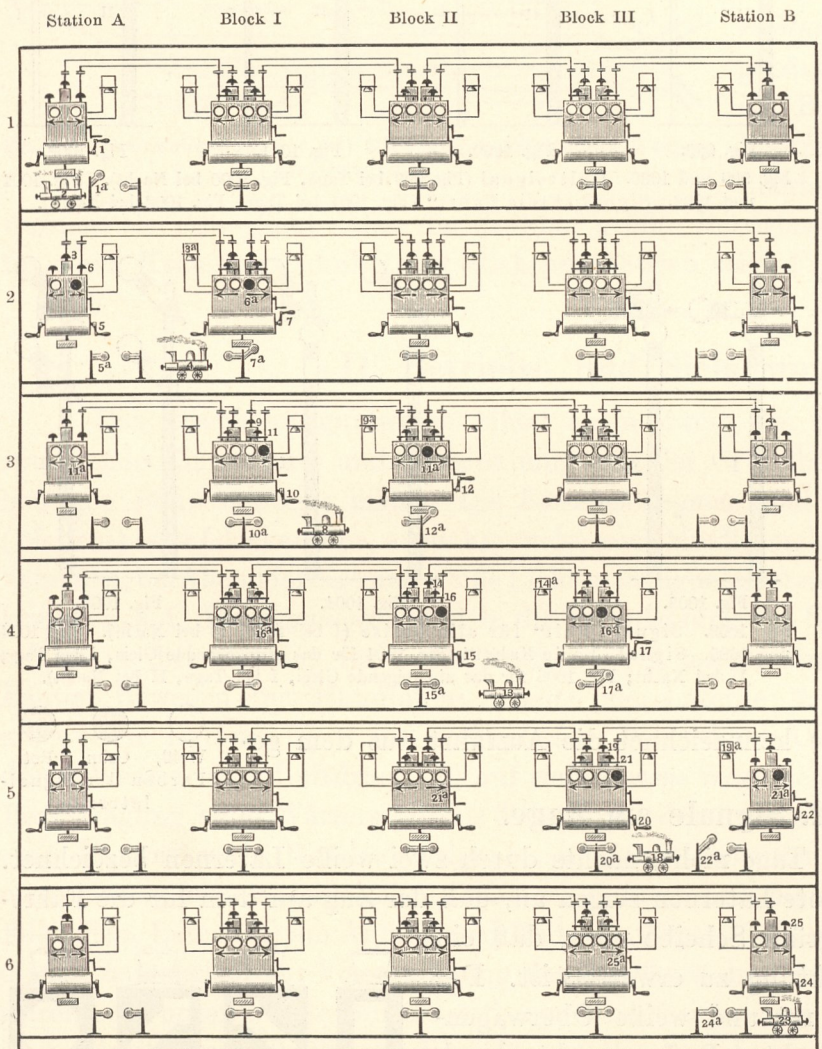


Fig. 1010. Streckenblockbetrieb der vierfeldrigen Form von Siemens & Halske.

Oberhalb dieser beiden Blocktasten sind noch besondere *Weckertasten* angebracht, um durch Niederdrücken bei gleichzeitigem Drehen der Induktorkurbel ein Klingelzeichen nach der nächsten Station zu senden. Im *unteren* Teile des Kastens befinden sich *Windevorrichtungen* mit (dickgezeichneten) Kurbeln, durch deren Umdrehung die Arme eines außerhalb stehenden Signalmastes gehoben oder gesenkt werden. Zwischen den Scheiben hinter den Blockfensterchen und der Windevorrichtung besteht eine mechanische Abhängigkeit derart, daß ein Signalarm nur gehoben werden kann, wenn das zugehörige Fensterchen weiße Scheibe zeigt.

Beschreibung einer Fahrt von A nach B (vgl. in Fig. 1010 die unter den Apparaten angedeutete Bahnstrecke nebst Signalmasten und der durch eine kleine Lokomotive veranschaulichten jeweiligen Lage des Eisenbahnzuges). Da das Blockfeld in A frei ist, so gibt 1. der Stationsbeamte mit der Kurbel das Ausfahrtsignal (1a); 2. der Zug fährt ab; 3. der Stationsbeamte

Zwischen den beiden Stationen A und B einer zweigleisigen Bahn sind drei Streckenblockstationen I, II und III eingeschaltet. Die eingeschriebenen Nummern bezeichnen die Reihenfolge der Vorgänge, und zwar jede Zahl ohne Zusatz die Betätigung eines Beamten, jede Zahl mit dem Zusatz a die entsprechende Wirkung dieser Handlung. Jede Station und Blockstation hat ein Blockwerk, das von einem gußeisernen Kasten mit zwei bzw. vier Fensterchen umschlossen wird, hinter denen entweder rote oder weiße Scheiben erscheinen. In jedem Kasten befindet sich ein Induktor zur Erzeugung elektrischer Ströme; er wird durch die *obere*, an der rechten Seite der Blockwerke abgebildete Kurbel in Tätigkeit gesetzt. An jeder oberen Ecke des Kastens befinden sich Druckknöpfe (die sogenannten *Blocktasten*), durch deren Herunterdrücken man beim Drehen der Induktorkurbel die weiße Scheibe im eigenen und gleichzeitig im Nachbarblockwerk an die Stelle der roten bringen kann.

„weckt vor“ mit der Weckertaste (s. zweite Reihe: 3a), der Wecker bei Wärter I ertönt. Der Beamte legt nach Vorbeifahrt (4) des Zuges das Abschlußsignal mit Kurbel auf Halt (5, 5a) und blockt sodann (6) durch Niederdrücken der rechtsseitigen Blocktaste sein Ausfahrfeld sowie das zugehörige Feld beim Wärter I (6a); dieser erkennt hieran, daß die rückliegende Strecke A—I besetzt ist. Der Wärter in I dreht nun (7), wenn das Blockfeld rechts von 6a weiß, d. h. die folgende Blockstrecke frei ist, die Windekurbel und stellt sein Signal auf Fahrt (7a); der Zug kann daher ungehindert in die neue Blockstrecke I—II vorrücken (8 in Reihe 3). Der Wärter in I weckt nun nach II vor (9 und 9a), stellt sein Signal auf Halt (10 und 10a) und blockt (11) sein Ausfahrfeld. Hierdurch wird gleichzeitig das zugehörige Feld des Wärters II geblockt (11a) und das rote Feld (6a) seines Blockes I sowie das zugehörige Feld des Stationsblocks (11a) entblockt (weiß gemacht), d. h. die vorliegende Strecke I—II wird gesperrt, die rückliegende A—I freigegeben. Die Vorgänge wiederholen sich dann in entsprechender Weise bei den folgenden Blockstationen, bis der Zug die Station B erreicht hat und die ganze Strecke A—B wieder frei ist, sofern nicht inzwischen von A aus schon ein zweiter Zug gefolgt ist.

Bei dieser Blockeinrichtung tritt neuerdings noch eine *selbsttätige Mitwirkung des Zuges* ein, so daß die Entblockung der rückwärts liegenden Strecke so lange gesperrt bleibt, bis der Zug einen an der Einlaufstation liegenden Kontakt überfahren und dadurch die Sperrung auf elektrischem Wege beseitigt hat. Durch solche selbsttätige Mitwirkung des Zuges bei der Streckenblockung wird die Möglichkeit einer Gefährdung des Betriebes durch etwaige Irrtümer der Blockwärter wesentlich vermindert.

Um sie ganz zu beseitigen und an Beamten zu sparen, hat man, namentlich in Nordamerika, auch ganz *selbsttätige Blockeinrichtungen* ausgeführt, bei denen die Umstellung der Signale lediglich durch die Züge mittels elektrischer Übertragung bewirkt wird, indem diese durch Überfahren eines Kontakts od. dergl. bei jeder Blockstation in Tätigkeit tritt und dadurch die Sperrung der eben betretenen sowie die Freigabe der durchfahrenen Blockstrecke bewirkt. In Europa finden sich solche selbsttätige Blockeinrichtungen bis jetzt nur vereinzelt. Die ihnen nachgerühmte unbedingte Sicherheit trifft bei den dem allgemeinen Verkehr dienenden Eisenbahnen nur in der Theorie zu; in Wirklichkeit werden die dazu nötigen Vorrichtungen sehr verwickelt, so daß sie erfahrungsgemäß oft versagen. In solchen Fällen aber muß, um den Betrieb nicht zu unterbrechen, zeitweise ganz ohne Signalgebung gefahren werden, was um so gefährlicher ist, da die Blockstationen nicht von Wärtern besetzt sind, also jede Verständigung ausgeschlossen ist, wie sie bei nicht selbsttätigen Blockwerken doch immer telegraphisch oder telephonisch zwischen den Wärtern möglich bleibt, wenn einmal ein Blockwerk versagen sollte. Auch können bei der wärterlosen Blockeinrichtung Zugtrennungen unbemerkt bleiben und Zusammenstöße veranlassen.

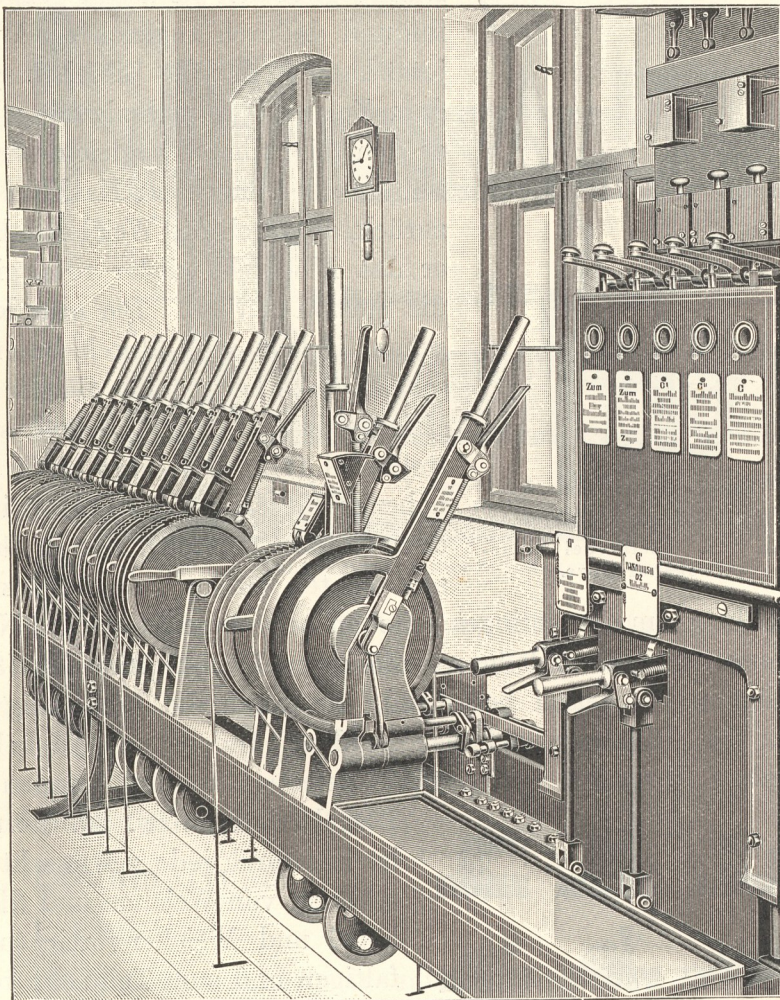


Fig. 1011. Stellwerk.

In Fig. 1011 ist ein *Stellwerk* abgebildet, das sich am Ende eines Bahnhofs befindet. Die drei aufrecht stehenden Hebel im Vordergrund sind *Signalhebel*, die zehn folgenden *Weichenhebel*; die beiden kleinen wagerechten Hebel ganz im Vordergrund sind *Fahrstraßenhebel*. Über ihnen ist ein Blockwerk angeordnet, dessen Fenster in Ruhestellung rote Farbe zeigen; durch dieses Blockwerk wird die Abhängigkeit des Stellwerkes vom Stationsvorstande hergestellt, der auf oder neben den Bahnsteigen seinen Dienstraum hat. Soll ein Zug einfahren, so gibt der Stationsbeamte dem Stellwerk auf elektrischem Wege das zugehörige Blockfeld frei. Der Wärter erhält dadurch den Auftrag und die Möglichkeit, ein bestimmtes, bis dahin gesperrtes Einfahrtsignal zu geben. Er muß jedoch zuvor die in Frage kommenden Weichenhebel für den einfahrenden Zug richtig stellen.

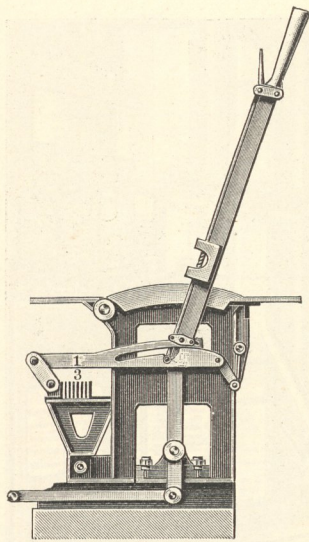


Fig. 1012. Stellhebel in gezogener Lage.

Dann legt er den bis dahin gesperrten Fahrstraßenhebel um, verschließt ihn und dadurch zugleich die Weichenhebel in richtiger Stellung. Erst jetzt kann er den die Einfahrt sperrenden Signalhebel umlegen und so dem Zuge das Einfahrtsignal geben. Nach vollendeter Einfahrt stellt er den Signalhebel sogleich wieder auf Halt und legt den vom Zuge selbst oder von einem Nachbarstellwerk ausgelösten Fahrstraßenhebel zurück, wodurch die Weichenhebel wieder frei werden. Endlich macht er das Blockfeld wieder rot, gibt also die Erlaubnis zur Einfahrt an die Station zurück. Die angedeutete Abhängigkeit zwischen den einzelnen Hebeln wird durch besondere, sich gegenseitig sperrende Verschlußstücke hergestellt, die vor den Hebeln liegen und sich mit diesen gleichzeitig bewegen. Beispielsweise zeigt Fig. 1012 einen Weichenstellhebel (älterer Bauart nach Rüppell) mit wagerecht liegendem gehobenen *Verschlußriegel* (vgl. 1 in Fig. 1012 und 1013, auch *Sperrbalken* oder *Kulisse* genannt), der in Gestalt eines kleinen Flacheisens in der senkrechten Drehungsebene des Hebels liegt und durch dessen Umstellung um ein Geringes gehoben oder gesenkt wird. Nahe unter diesen Riegeln, rechtwinklig dazu, liegt eine Reihe von längeren *Verschlußlinealen* (3 in Fig. 1012 und 1013), aus je zwei dünnen Flacheisen bestehend, die durch die Bewegung der Signalhebel um ein Geringes quer zu den Riegeln verschoben werden. Indem nun an beliebigen Stellen der Lineale Verschlußhaken (2 und 4 in Fig. 1013) befestigt werden können, die entweder über oder unter die Riegel fassen, bzw. bei einer Verschiebung gegen diese stoßen, so ist hierdurch jede gewünschte Zusammenstellung gegenseitiger Verschlüsse von Weichen und Signalstellungen ermöglicht. Diese Stellhebel und Weichenvorrichtungen werden jetzt in sehr mannigfaltigen und zum Teil sehr verfeinerten Ausführungen gebaut.

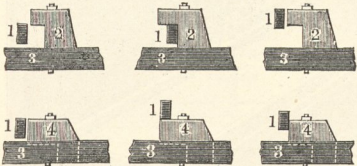


Fig. 1013. Verschlußsystem von Rüppell.

Die *Kraftübertragung* zwischen den Stellhebeln und den Weichen geschah anfangs durch Gestänge-, später durch Stahldrahtleitung; neuerdings wird sie auch wohl durch Luftdruck oder Elektrizität hergestellt. Zur Übertragung der Bewegung von der Kraftleitung auf die Weichenzungen dienen Winkelhebel oder Seilrollen, die bei wichtigen Einfahrweichen mit *Spitzenverschlüssen* versehen werden. Diese sind so eingerichtet, daß die anliegende Zunge zwar fest mit der Backenschiene verklammert wird, jedoch ein „Aufschneiden“ der Weiche möglich bleibt. In Fig. 1014 ist ein solcher Spitzenverschluß dargestellt. In den beiden an den Weichenzungen befestigten Kloben sind die Verschlußhaken 1 und 2 um die Bolzen 3 und 4 drehbar angebracht. Sie schließen die Zungen mit den Backenschienen dadurch zusammen, daß sie um die fest mit den Schienen verbundenen Verschlußstücke 5 herumgreifen und so Zunge und Backenschiene verklammern. Die Verschlußhaken sind durch die Stange 6 verbunden, deren Fortsetzung die Weichenzugstange 7 bildet. Das Verschlußstück 5 und der Haken 1 sind in den Berührungsflächen nach einem Kreise geformt, dessen Mittelpunkt bei geschlossener Stellung in 3 liegt (s. rechts). In Fig. 1014 ist die rechte Zunge verschlossen. Beim Umstellen dreht sich zunächst der Verschlußhaken 2 um 4; die rechte Zunge wird entriegelt,

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.

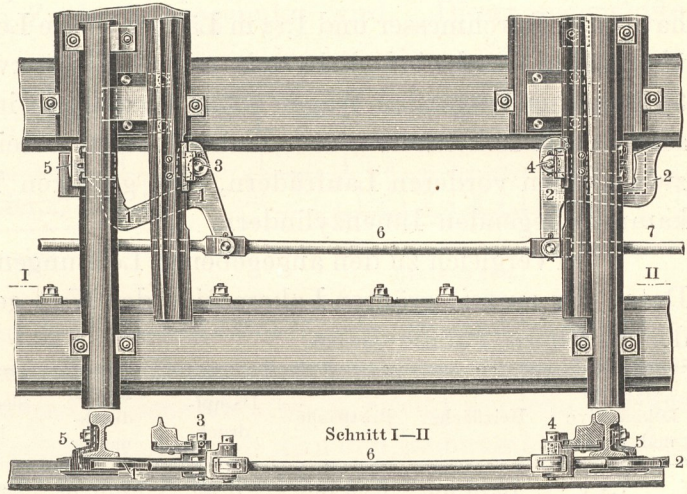


Fig. 1014. Zungenvorrichtung mit Hakenweichenschloß.

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

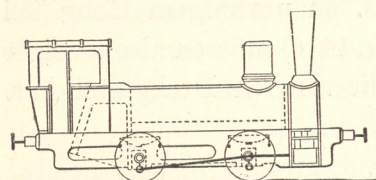


Fig. 1015. Tenderlokomotive.

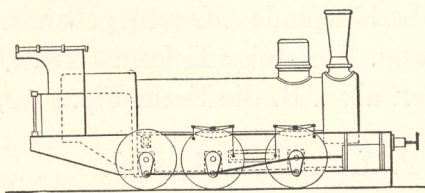


Fig. 1016. Güterzuglokomotive.

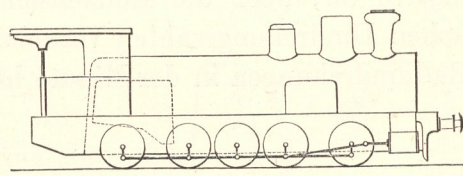


Fig. 1017. Güterzuglokomotive für große Steigungen.

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

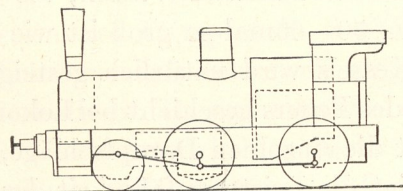


Fig. 1018. Personenzuglokomotive.

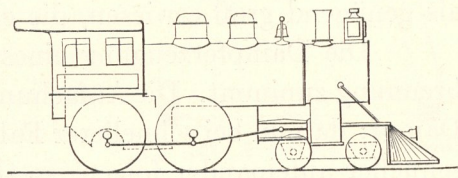
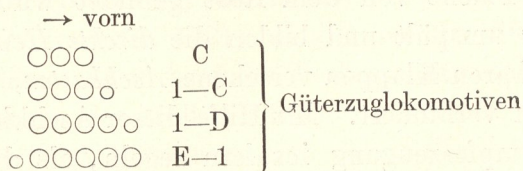
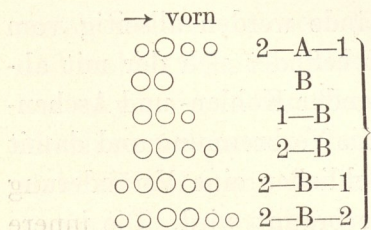


Fig. 1019. Amerikanische Personen- und Schnellzuglokomotive.

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.



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.

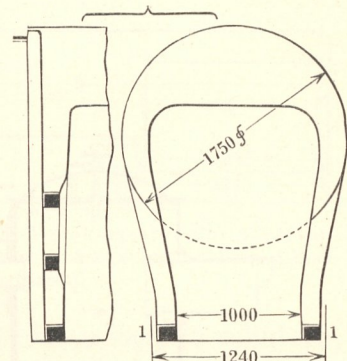


Fig. 1020. Schmalere Rost (Schnitt); 1—1 Rahmen der Lokomotive.

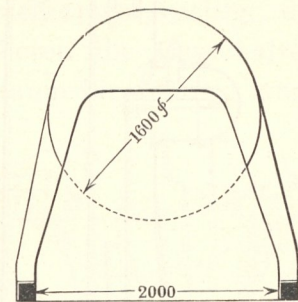


Fig. 1021. Breitere Rost (Schnitt).

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.

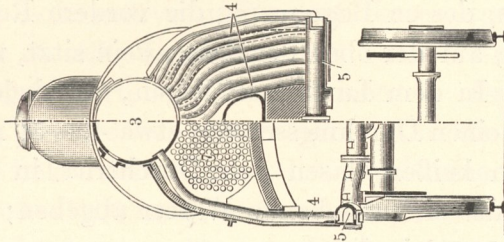


Fig. 1023. Querschnitt.

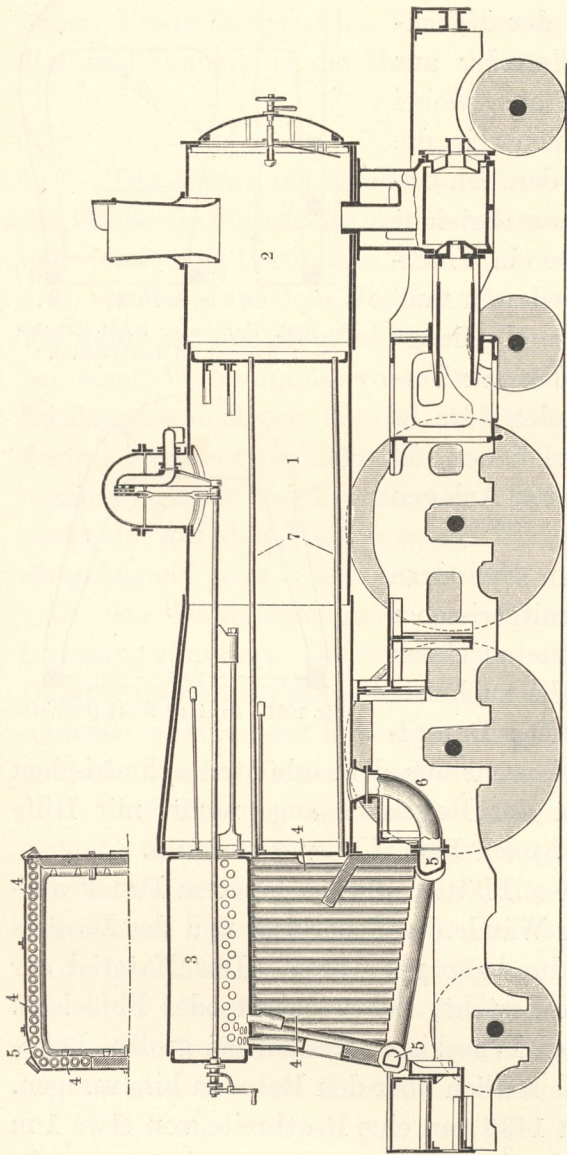


Fig. 1022. Längsschnitt.

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 ölreichen 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 Tunnels 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 $100\text{--}125^\circ$ 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 Achsenzahl (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

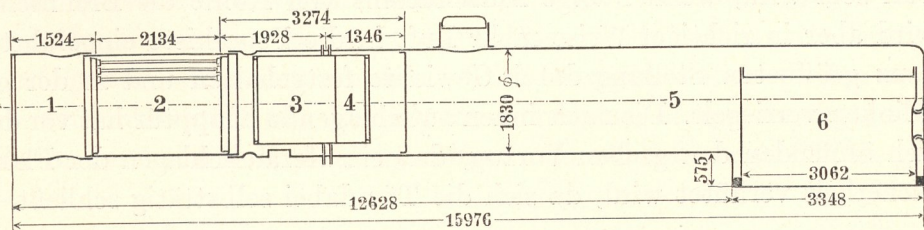


Fig. 1024. Kessel einer 2B+C1-Personenzug-Verbund-Malletlokomotive der Atchison-Topeka-Santa Fé-Bahn (1 Rauchkammer; 2 Speisewasservorwärmer; 3 Zwischenüberhitzer; 4 Hochdrucküberhitzer; 5 Langkessel; 6 Feuerbüchse).

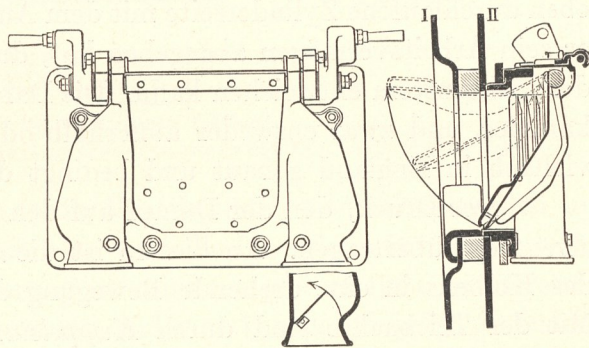


Fig. 1025. Marcottys Rauchverminderungs-Vorrichtung für Lokomotivfeuerungen (I innen, II außen).

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

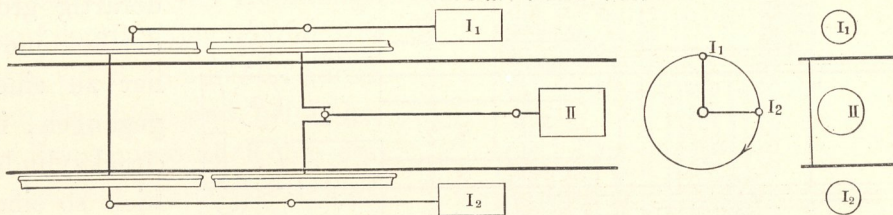


Fig. 1026. Bauart Webb.

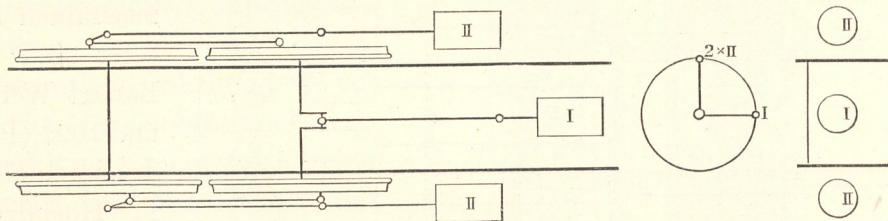


Fig. 1027. Bauart Wittfeld.

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

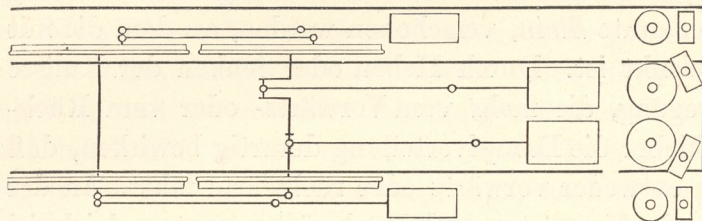


Fig. 1028. Bauart de Glehn.

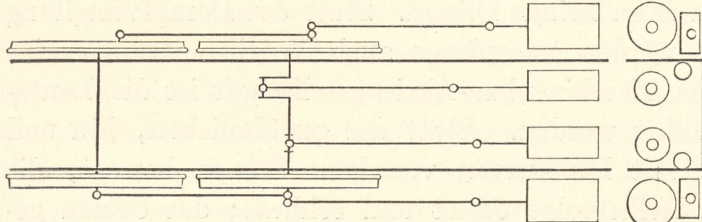


Fig. 1029. Bauart von Borries.

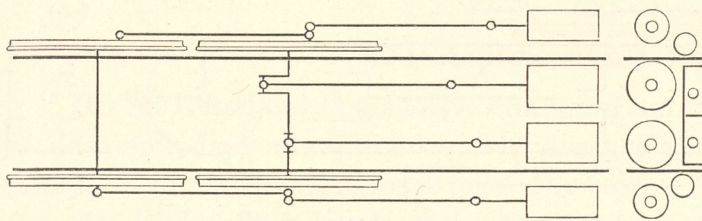


Fig. 1030. Bauart Webb.

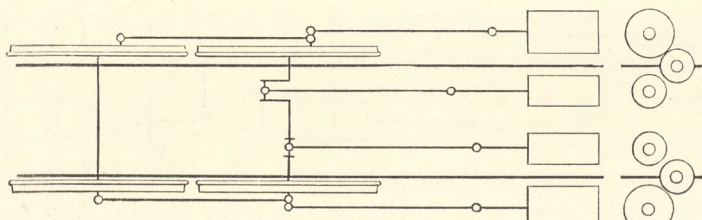


Fig. 1031. Bauart Vaucrain.

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. In

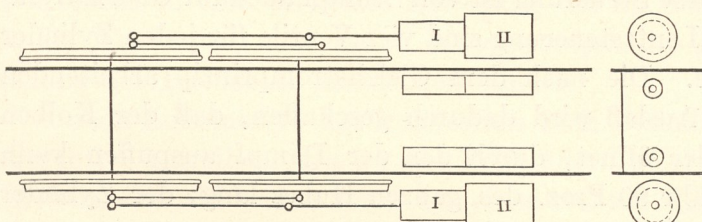


Fig. 1032. Bauart Woolf.

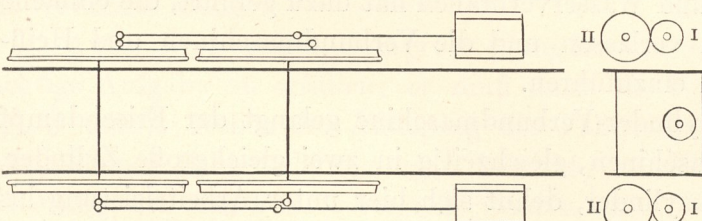


Fig. 1033. Bauart Vaucrain.

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

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

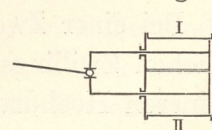


Fig. 1034. Bauart Vaucrain.

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

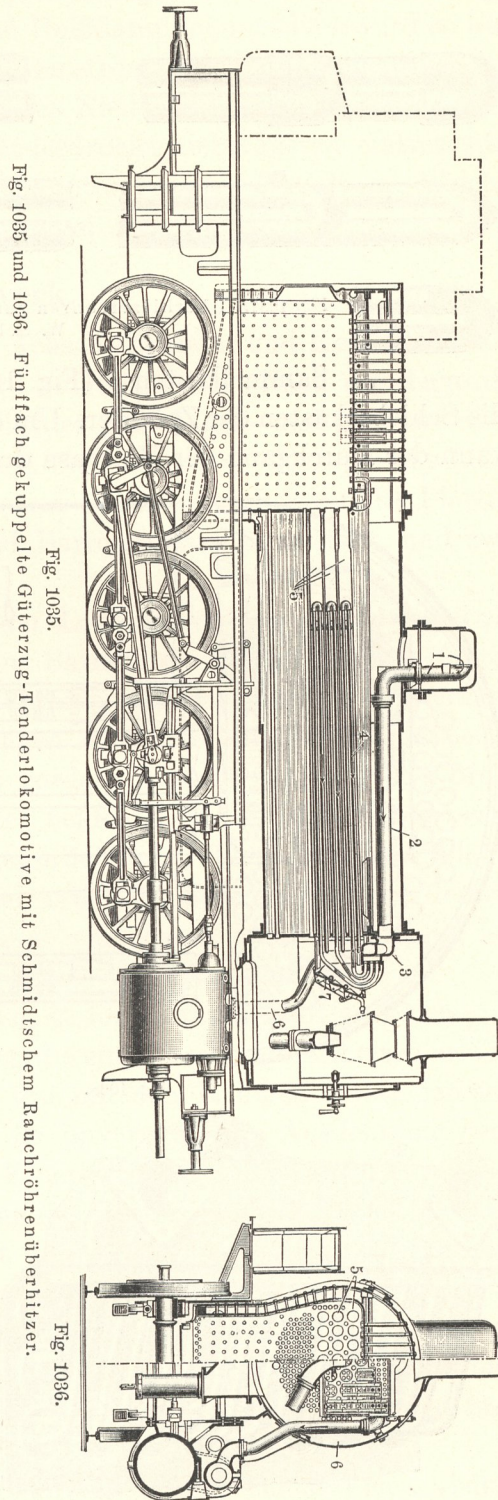
werden je ein Hoch- und Niederdruckzylinder von einem gemeinsamen Schieber gesteuert. Eine andere, in Amerika ebenfalls mehrfach ausgeführte Bauart ist die Woolfsche Tandemanordnung (Fig. 1032), bei der Hochdruck- und Niederdruckzylinder hintereinander liegen, sowie eine Bauart Vaucrain (Fig. 1033 und 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

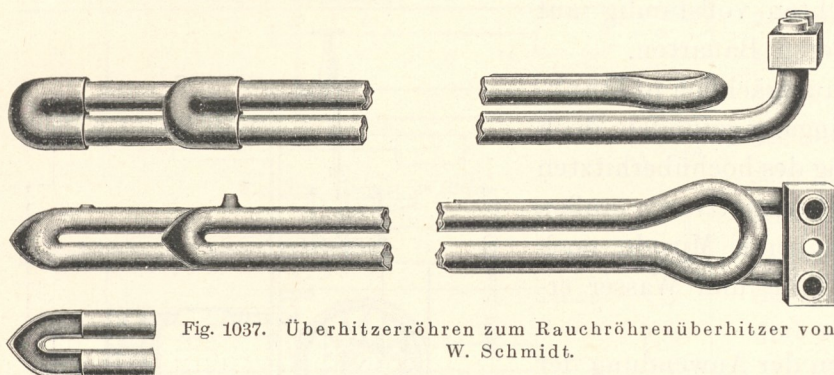


Fig. 1037. Überhitzerröhren zum Rauchröhrenüberhitzer von W. Schmidt.

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,

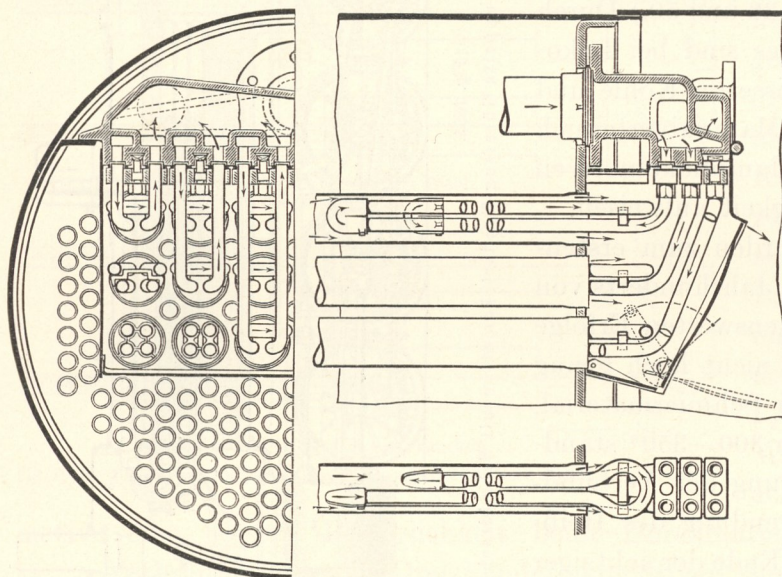


Fig. 1038.

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.

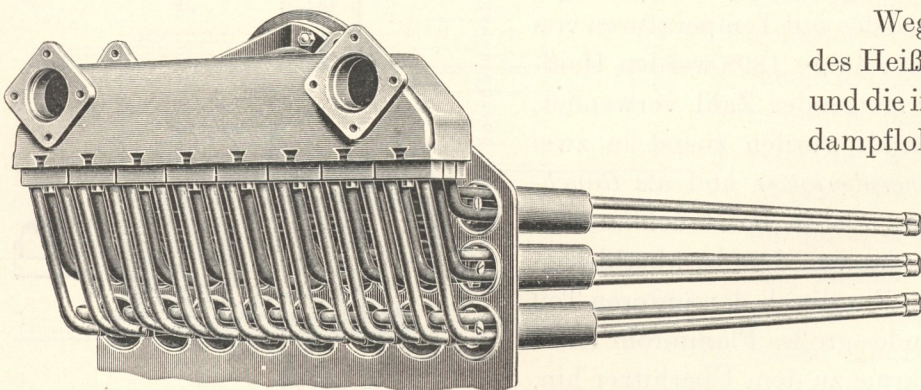


Fig. 1039.

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.

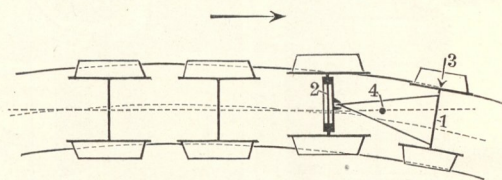


Fig. 1040. Lokomotive mit Kraußchem Drehgestell (schematisch).

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.

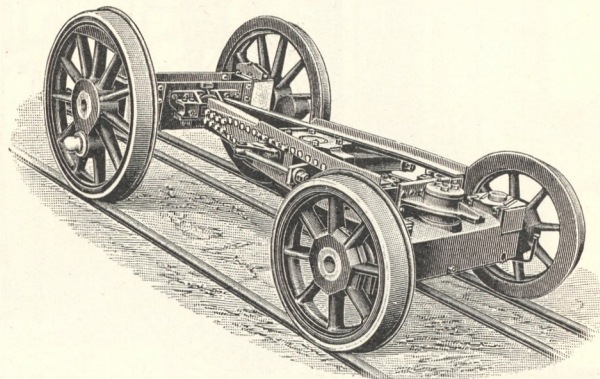


Fig. 1041. Kraußches Drehgestell.

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

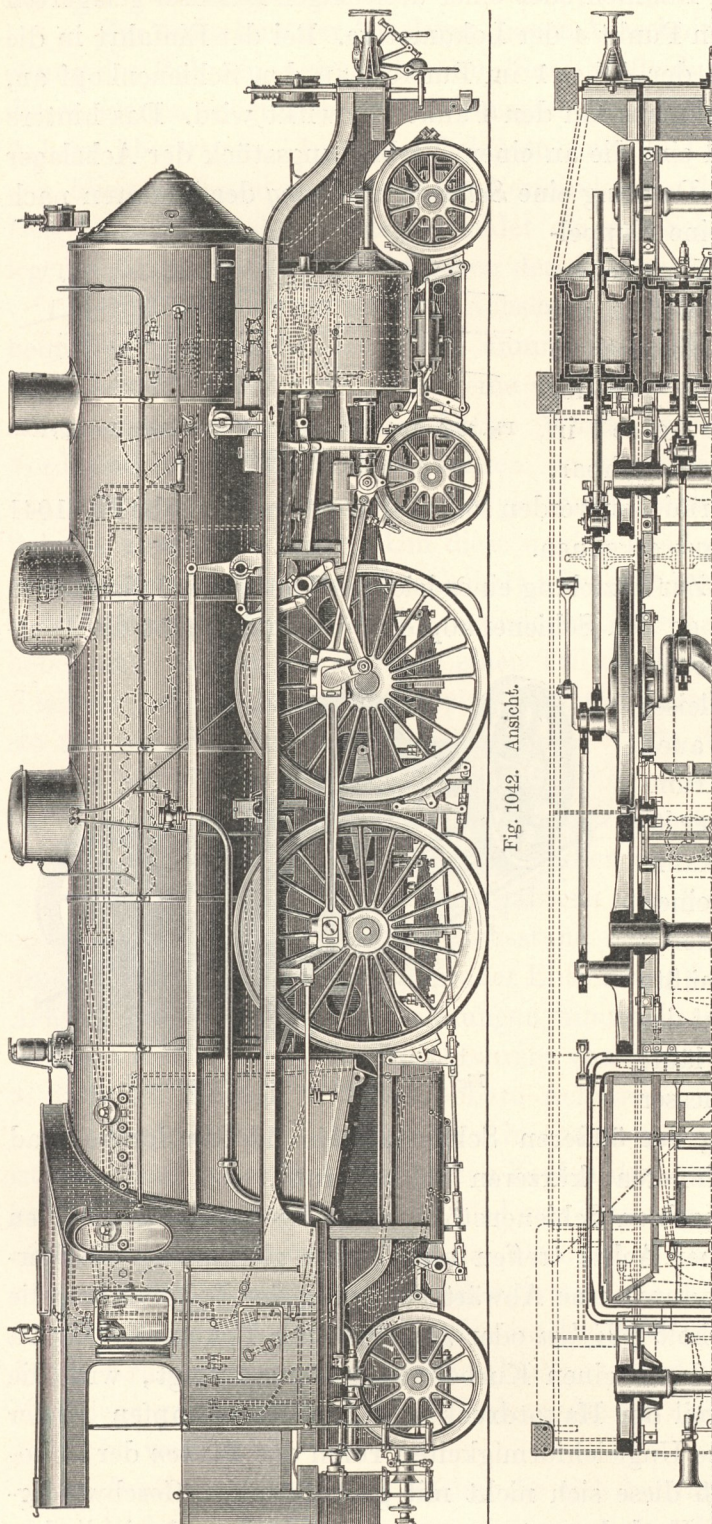


Fig. 1042. Ansicht.

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 Gebirgstrecken, dient die 2-C-1 Bauart, die also drei Kuppelachsen hat. Fig. 1044 zeigt eine der leistungs-

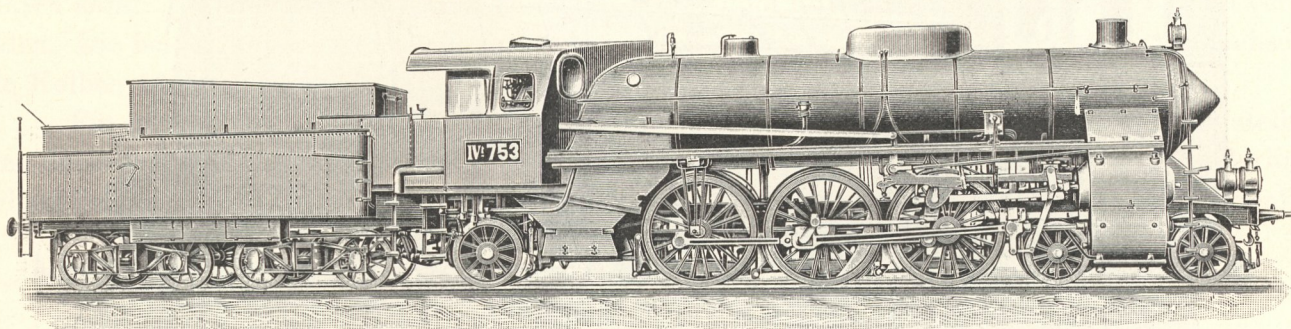


Fig. 1044. 2-C-1 Heißdampf-Vierzylinder-Verbund-Schnellzuglokomotive mit Schmidtschem Rauchröhrenüberhitzer.

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

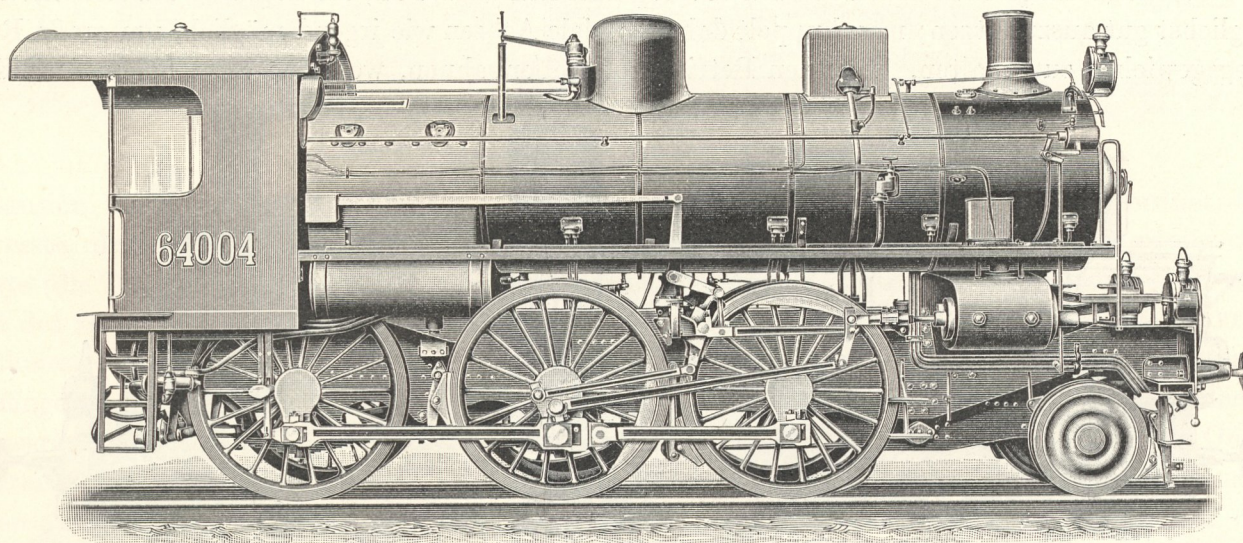


Fig. 1045. 1-C Heißdampf-Zwillingslokomotive mit Rauchröhrenüberhitzer.

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.

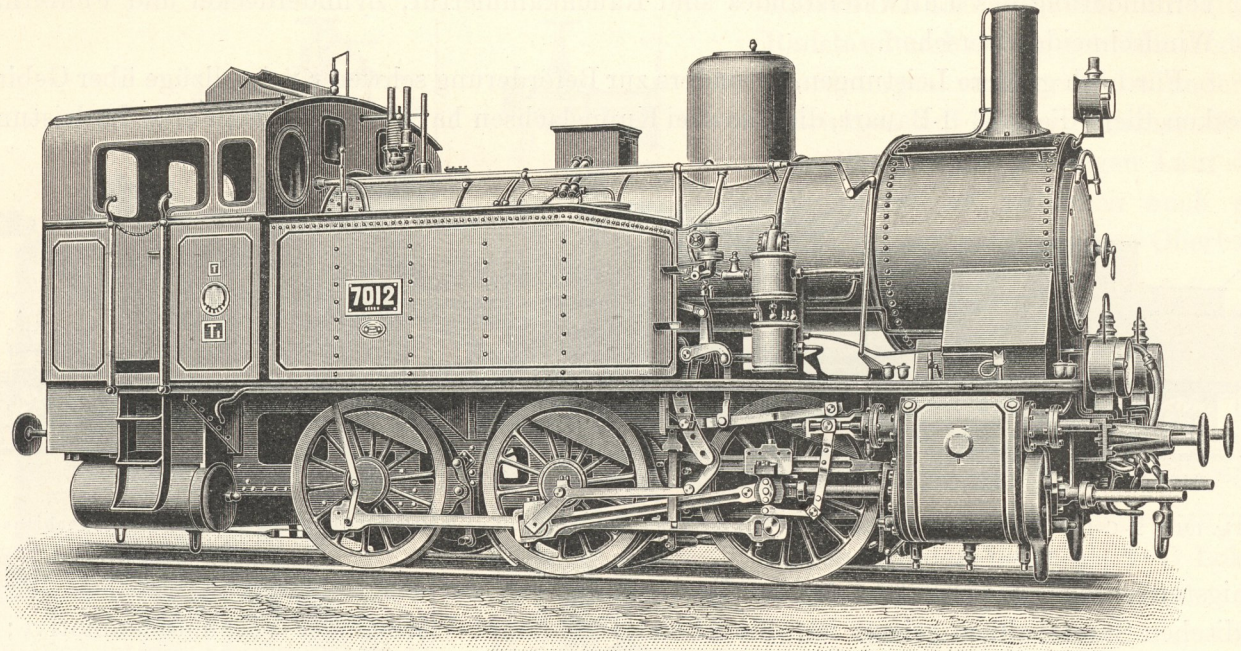


Fig. 1046. C Heißdampf-Tenderlokomotive.

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-

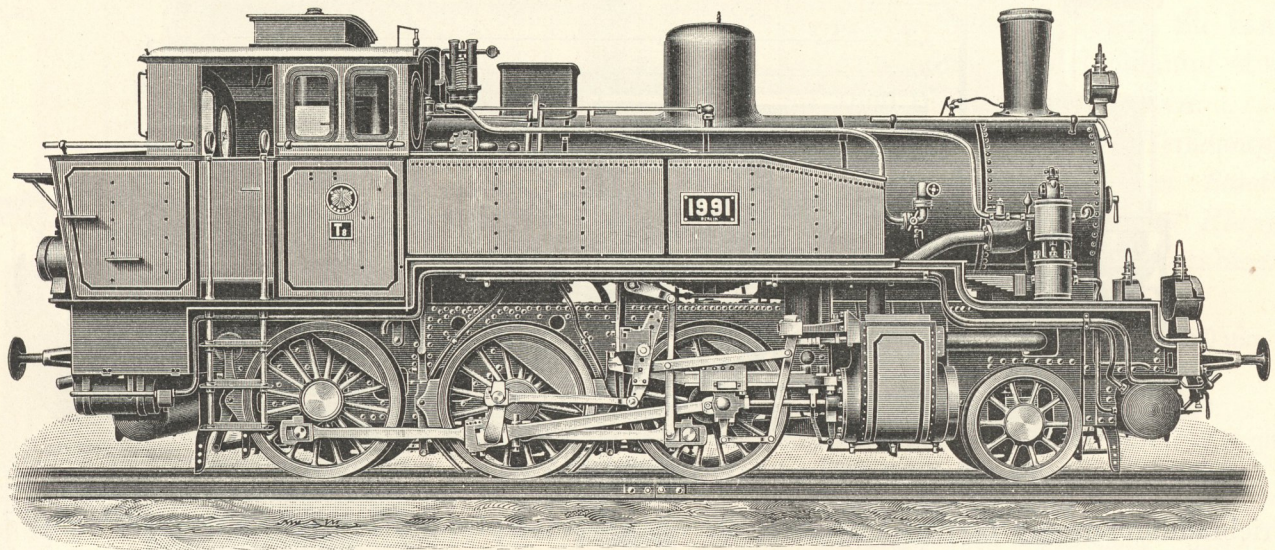


Fig. 1047. 1-C Naßdampf-Zwillingslokomotive von Orenstein & Koppel, Berlin.

runge 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-

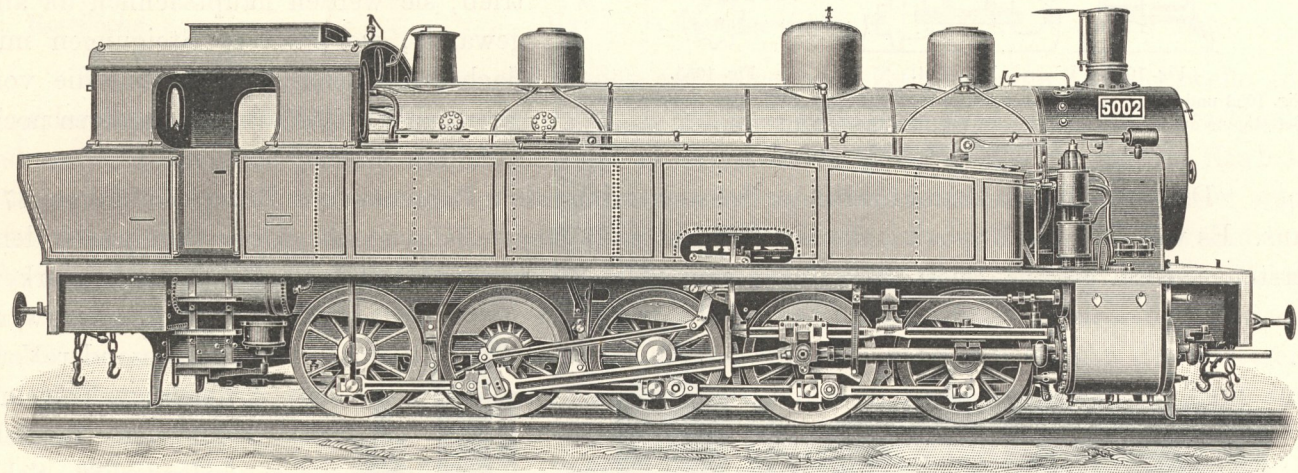


Fig. 1048. E Tenderlokomotive von L. Schwartzkopff, Berlin.

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.

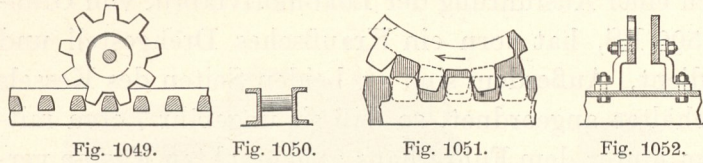


Fig. 1049. Fig. 1050. Riggenbachsche Zahnstange (Fig. 1049 Ansicht, Fig. 1050 Querschnitt). Fig. 1051 und 1052. Abts zweiteilige Zahnstange (Fig. 1051 Ansicht mit Eingriff des Zahnrades, Fig. 1052 Querschnitt mit Befestigung auf eiserner Querschelle).

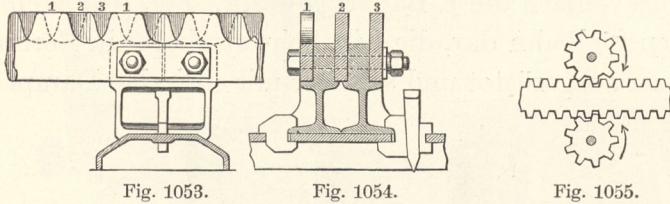


Fig. 1053 und 1054. Abts dreiteilige Zahnstange (Fig. 1053 Ansicht mit Befestigung auf eiserner Querschelle, Fig. 1054 Querschnitt). Fig. 1055. Wage-rechte Verzahnung.

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

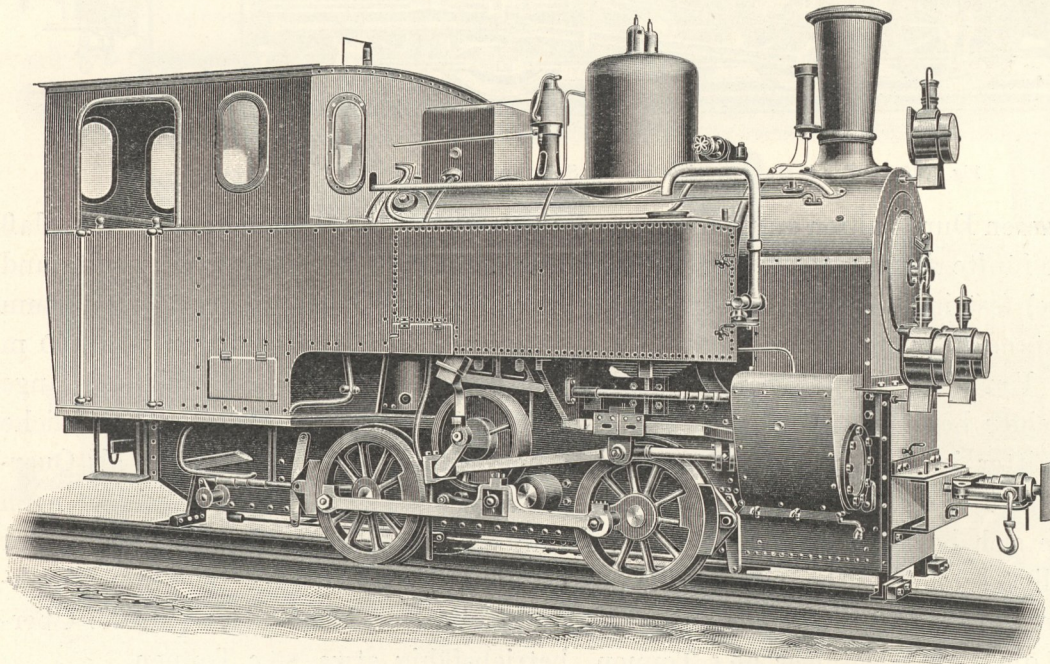


Fig. 1056. B Zahnradlokomotive von Orenstein & Koppel.

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 Leiterschienen, 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 Zahnradssysteme 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.

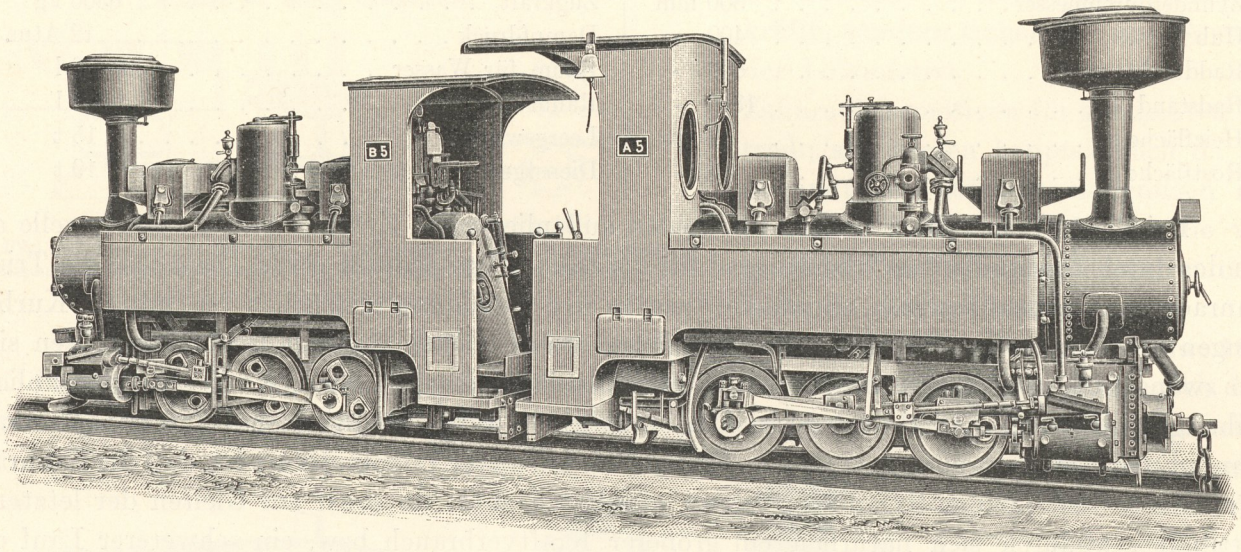


Fig. 1057. C+C Doppellokomotive der Hannoverschen Maschinenbau-Aktiengesellschaft.

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

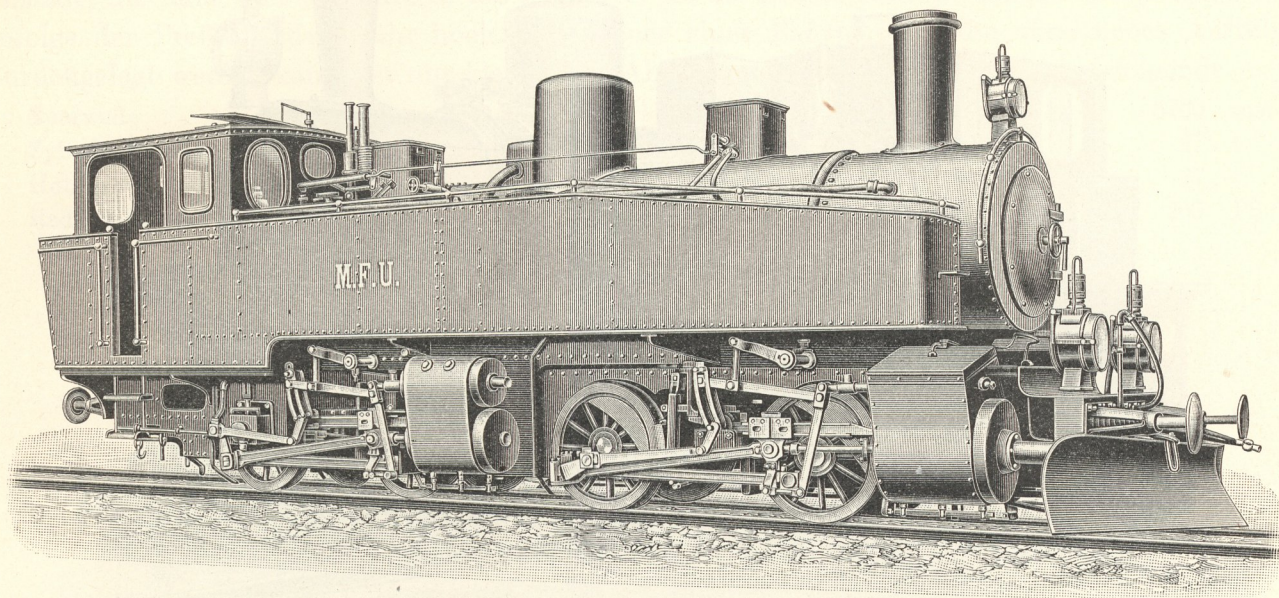


Fig. 1058. B+B Verbundlokomotive von Orenstein & Koppel.

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:

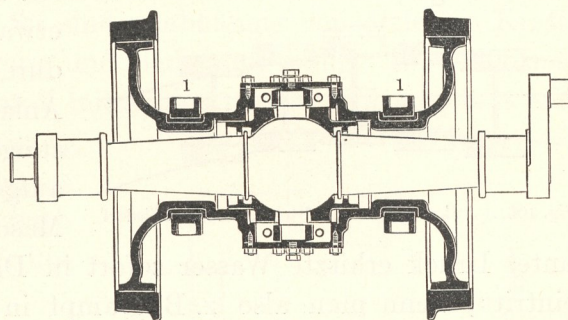


Fig. 1059. Klien-Lindnersche Hohlachse.

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

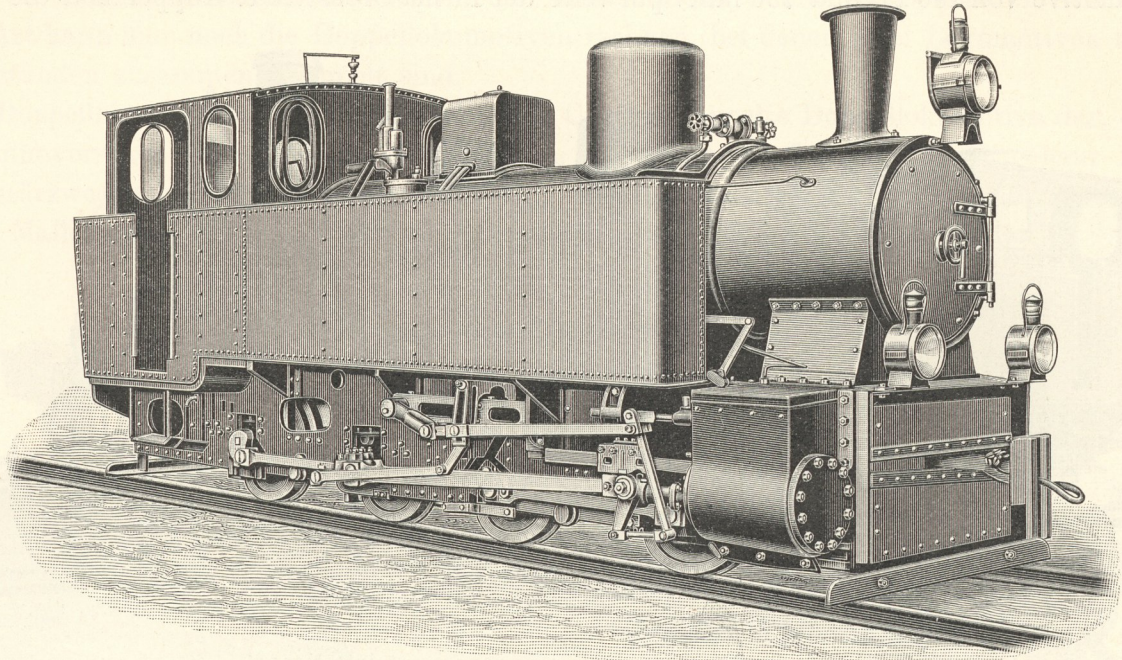


Fig. 1060. D Tenderlokomotive mit kurvenbeweglichen Hohlachsen (Klien-Lindner), von Orenstein & Koppel.

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

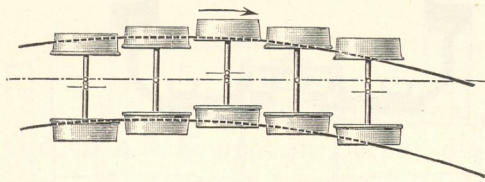


Fig. 1061. Achsenverschiebung, Bauart Gölsdorf.

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.

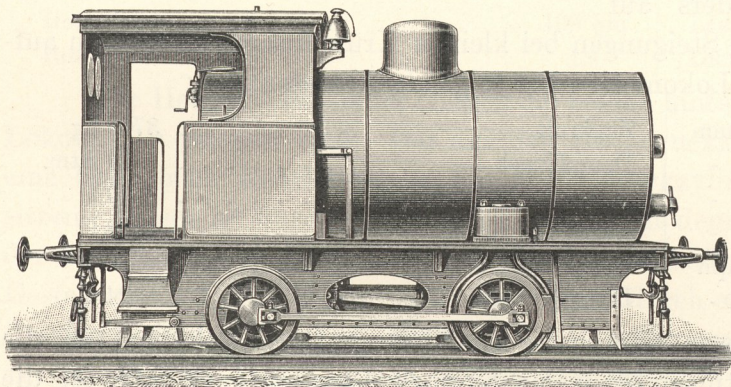


Fig. 1062. B gekuppelte feuerlose Verschiebelokomotive, Bauart Lamm-Francq.

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

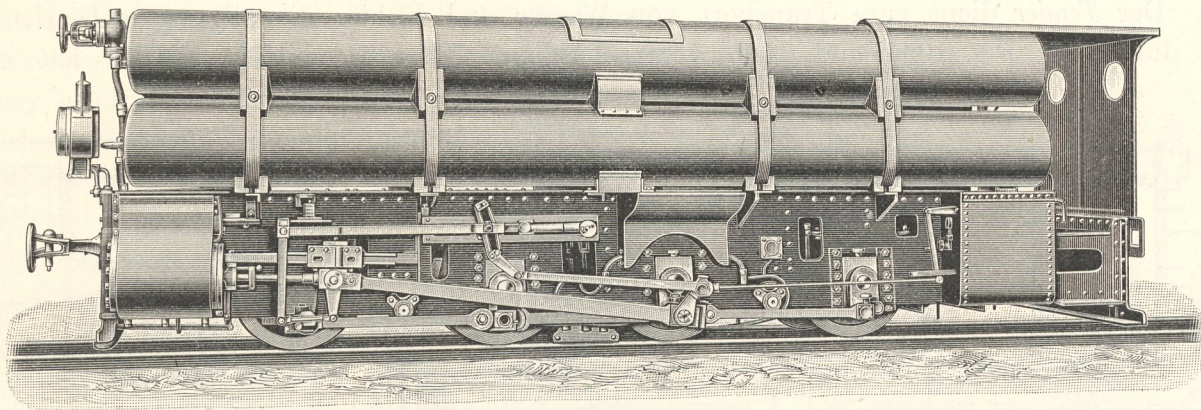


Fig. 1063. D Druckluftlokomotive von Orenstein & Koppel.

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.

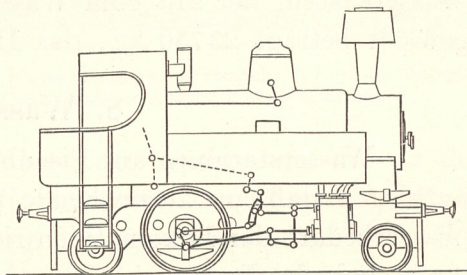


Fig. 1064. Lokomotive von Krauß & Co.

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

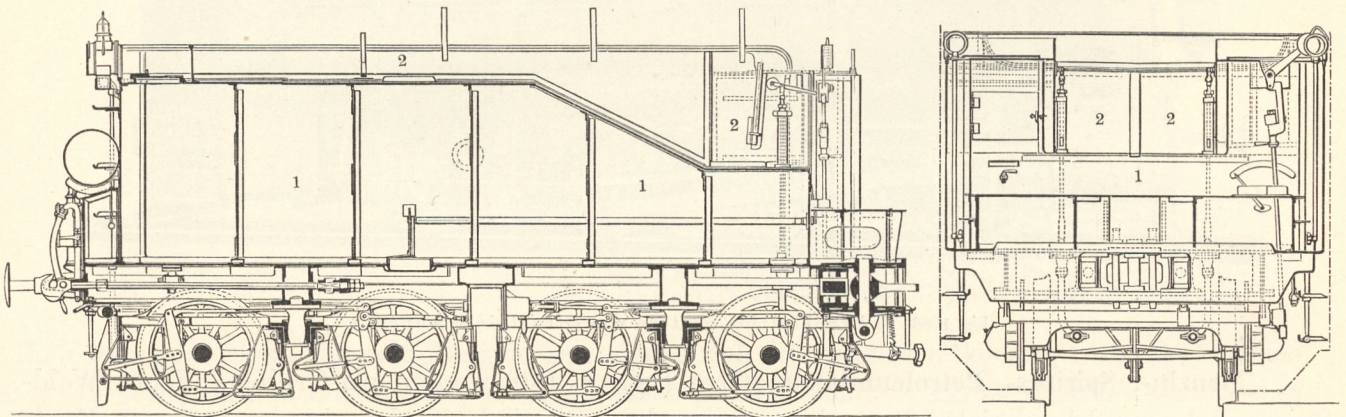


Fig. 1065. Längsschnitt.

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 abzuschneiden 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).

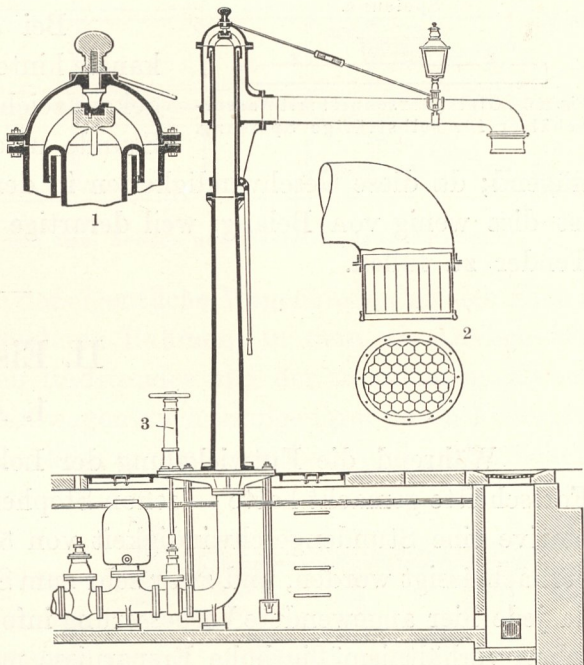


Fig. 1067. Wasserkran für 10 cbm/min. (1 Kopf des Auslegers, 2 wabenförmiger Ausguß, 3 Wasserschieber).

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

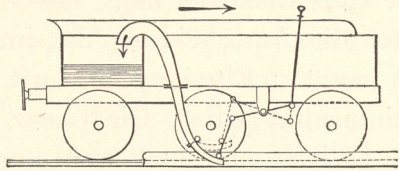


Fig. 1068. Tender mit selbsttätiger Speisung.

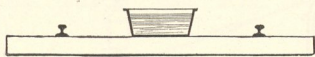


Fig. 1069. Gleisquerschnitt mit Wasserbehälter für selbsttätige Speisung.

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

wird aus den eben erklärten Gründen das erwähnte Verhältnis der Nutzlast zum Eigengewicht bei Personenwagen bereits recht ungünstig; so muß z. B. bei einem mit 10 Reisenden erster Klasse besetzten Schlafwagen für jeden Fahrgast ein Wagengewicht von 3750 kg mitgeschleppt werden. Bei einem mit 20 t Kohle beladenen Güterwagen beträgt das Eigengewicht 8,4 t; es wird hier (auf gleiches Gesamtgewicht berechnet) 35mal mehr Nutzlast befördert als im ersten Fall.

Personenwagen wurden zuerst ebenfalls zweiachsig und kurz gebaut. Mit der Steigerung der Fahrgeschwindigkeit zeigten diese kleinen, schlecht gefederten Wagen aber bedeutende Übelstände, ihr Gang wurde zu unruhig. Man suchte sich zunächst durch Vergrößerung des *Radstandes*, d. h. der Entfernung der beiden Endachsen des Fahrzeugs, zu helfen. Hiermit wurde aber wiederum der Lauf der Wagen in Krümmungen verschlechtert. Die Einführung von *Lenkachsen*, die eine gewisse Drehung der Achse gegenüber dem Wagenkasten in Krümmungen ermöglichen, verminderte diesen Krümmungswiderstand, so daß heute fast alle dreiachsigen Wagen, die einen längeren

Radstand als etwa 4,5 m haben, mit Lenkachsen versehen sind. Ist aber das Wagengewicht so groß, daß mehr als drei Achsen zum Tragen erforderlich werden, so werden allgemein Dreh-

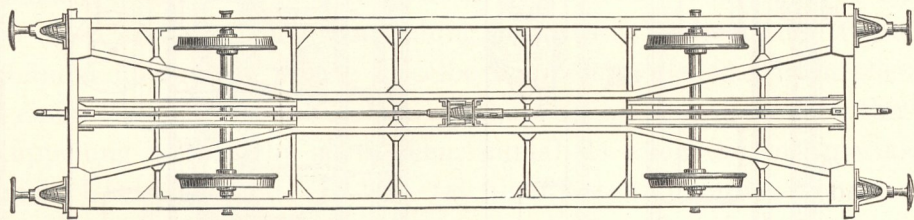


Fig. 1070. Untergestell mit zwei Achsen und festem Radstand (Grundriß).

gestelle mit zwei oder drei Achsen verwendet, auf denen der eigentliche Wagenkasten an den Enden aufruhet. Diese *Drehgestelle* bestehen aus einem besonderen Rahmen, in dem die Drehgestellachsen gut gefedert gelagert sind. Wegen ihres kurzen Radstandes und der trotzdem möglichen langen Führung des Wagens im Gleis ergeben Drehgestellwagen auch infolge ihrer guten Federung auf genügend starkem Oberbau einen ganz besonders leichten und ruhigen Lauf und große Sicherheit gegen Entgleisen, so daß sie in Schnellzügen fast allgemein benutzt werden.

Die Wagen bestehen aus dem *Untergestell*, einem kräftigen Rahmen aus Walzeisen, der zur Lagerung der Räder dient und gleichzeitig die Zug- und Stoßvorrichtungen trägt, und dem *Oberteil* oder *Wagenkasten*, der auf dem Untergestell befestigt ist. Bei Drehgestellwagen trägt das Untergestell an den Enden Zapfen, um die sich die beiden Drehgestelle drehen können. Fig. 1070 zeigt das Untergestell eines zweiachsigen Wagens; es besteht aus zwei kräftigen

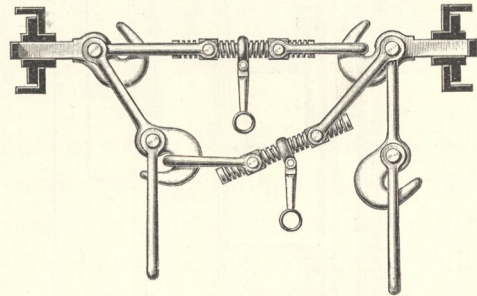


Fig. 1071. Kuppelung.

□-Eisen, den Längsträgern, die an den Enden durch die sogenannten *Pufferbohlen* verbunden sind. An diesen sitzen die beiden *Puffer*, die gegen den Rahmen zur Aufnahme von Stößen abgedeutert sind. Der in der Fahrtrichtung linke Puffer hat einen flachen Teller, während der rechte gewölbt ist; bei zwei aneinanderstoßenden Fahrzeugen berührt also immer ein flacher Puffer einen gewölbten. Dies bezweckt, daß in Krümmungen sich die Puffer nicht an den Kanten sondern mehr nach der Mitte zu berühren, wodurch ungünstige Biegungsbeanspruchungen der Puffer vermieden werden. Damit der Rahmen bei auftretenden Stößen seine rechteckige Form beibehält, sind ferner schräge (Diagonal-) Versteifungen angebracht; zur besseren Auflagerung und Befestigung des Wagenkastens dienen außerdem eine Anzahl Querversteifungen, die gleichzeitig zur Anbringung der Gasbehälter, Bremsgestänge usw. mit benutzt werden. An der Außenseite der Längsträger sitzen die *Achshalter*, die den Lagerkasten als Führung dienen und die richtige Lage der Achsen unter dem Rahmen sichern. Über den Lagerkasten liegen die Federn, die ein unmittelbares Einwirken der Stöße während der Fahrt auf den Wagenkasten verhindern. Die Lager können sich zu diesem Zweck in den Achshaltern nach oben so viel verschieben, wie das Federspiel ausmacht.

In der Längsrichtung läuft in der Mitte des Untergestelles die *Zugstange* hindurch, die an ihren Enden die in Fig. 1071 dargestellte Kuppelungsvorrichtung trägt. Der Wagen selbst ist, wie Fig. 1070 zeigt, in der Mitte federnd an der Stange befestigt, so daß beim Anziehen keine unmittelbaren Stöße auf den Wagenkasten gelangen können. Die *Kuppelung* ist bei europäischen Haupt-

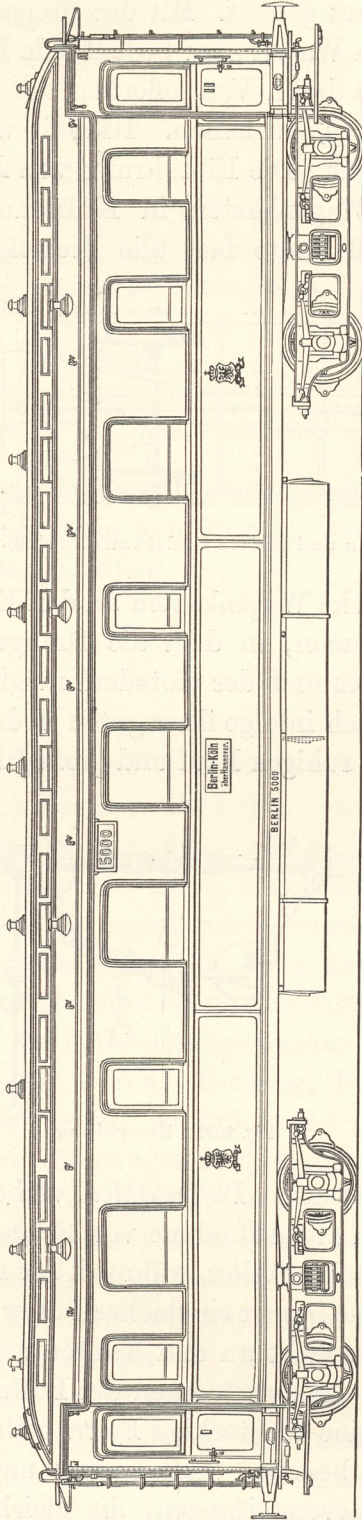


Fig. 1072. Ansicht.

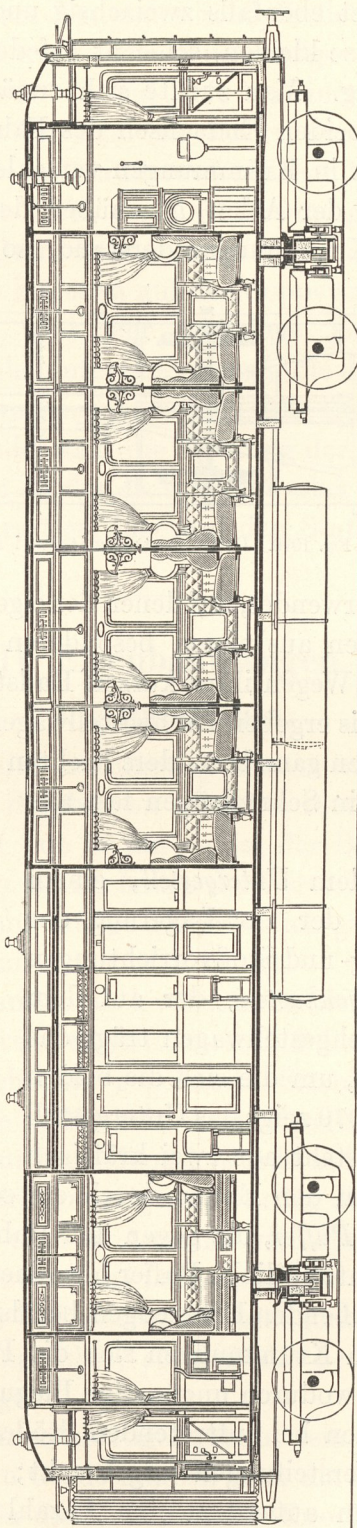


Fig. 1073. Längsschnitt.

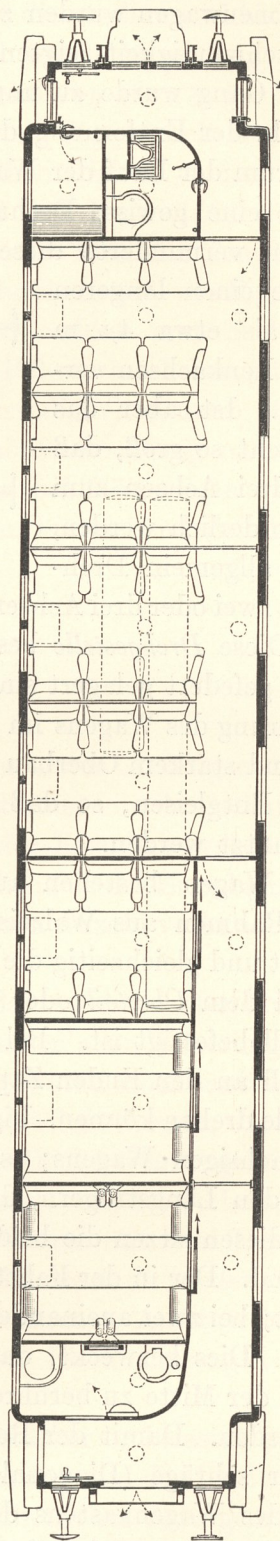


Fig. 1074. Grundriß.

Fig. 1072—1074. Durchgangswagen I. und II. Klasse.

bahnen durchweg als *Schraubenkuppelung* ausgebildet. Sie besteht aus einer *Haupt-* und einer *Hilfs-* oder *Notkuppelung*; die letztere soll nur beim Bruch der ersten in Tätigkeit treten. Das mittlere Glied wird aus einer Schraubenspindel mit Links- und Rechtsgewinde gebildet, die durch einen Hebel gedreht werden kann, wodurch die Kuppelung angespannt wird. Beim Verbinden zweier Wagen wird zunächst die Hauptkuppelung des einen Wagens in den Haken des zweiten

eingehakt und durch Drehen der Spindel angespannt, dann die Notkuppelung des zweiten Wagens lose in den Haken des ersten Wagens hineingelegt. Das Anspannen der Kuppelung bewirkt eine Milderung der Stöße beim Anziehen sowie beim Bremsen, da die Wagen nicht auflaufen können; es vermehrt jedoch den Widerstand des Zuges beim Durchfahren von Krümmungen. Güterzüge fahren daher im allgemeinen mit nicht angespannten Kuppelungen, während Personen- und Schnellzüge straff gekuppelt sind. Da beim Kuppeln zweier Wagen ein Arbeiter unter die Puffer kriechen muß, um an die Kuppelungshaken und -schrauben heranzukommen, ist der Vorgang mit Gefahren für das Leben und die Gesundheit des Arbeiters verknüpft. Man hat daher *automatische Kuppelungen* ersonnen, bei denen die Verbindung durch einfaches Aneinanderdrücken der Wagen geschieht, während das Lösen der Kuppelung von der Seite des Wagens erfolgen kann. Diese in den Vereinigten Staaten von Amerika gesetzlich vorgeschriebene Kuppelung hat sich in Europa noch keinen Eingang verschafft, da die Kosten für ihre Einführung ungeheuer groß sind und ferner zunächst eine Übergangskuppelung geschaffen werden müßte, die ein Kuppeln von Wagen mit der alten und der neuen Kuppelung gestattet. Da ferner die Wagen eines Landes auch in fremde Länder übergehen, müßte dieselbe Kuppelung gleichzeitig in allen Staaten eingeführt werden, die einen Wagenaustausch haben. Deshalb ist an eine allgemeine Einführung der automatischen Kuppelung noch nicht zu denken, zumal da auch die in Amerika übliche Kuppelung noch erhebliche Übelstände hat, die bis jetzt nicht beseitigt werden konnten.

Nach ihrem Verwendungszweck teilt man die Wagen ein in *Personen-, Gepäck-, Post- und Güterwagen*. Daneben gibt es noch Wagen für besondere Zwecke: Bahnmeisterwagen für Streckenbesichtigung; Tunnelbeleuchtungswagen; Wagen mit Vorrichtungen zum Messen der Zugkraft der Lokomotive usw., sogenannte *Dynamometerwagen*, usw.

2. Personenwagen.

Personenwagen sind *Abteilwagen* mit zahlreichen Einsteigetüren in den Seitenwänden, oder *Durchgangswagen* mit einem einzigen oder mehreren großen Räumen, zu denen man von Endbühnen aus durch zwei Stirnwandtüren gelangt. Zur Erzielung eines ruhigen Ganges erhalten die Personenwagen einen möglichst großen Radstand und Drehgestelle, gute (2—3fache) Federung, doppelte Fußböden und Seitenwände, Filz- oder Gummizwischenlagen zwischen Kasten und Untergestell usw. Das hölzerne Kastengerippe wird außen mit Blech verkleidet. Das meist mit einem Licht- und Lüftungsaufbau versehene Dach der Personenwagen ist zur Ableitung des Regenwassers leicht gewölbt, mit Segeltuch überzogen und mit Deckenmasse bestrichen. Während die *Abteilwagen* eine vollständige Trennung der „Raucher“, „Nichtraucher“ und „Frauen“ zulassen, gewähren die *Durchgangswagen* einen freien Verkehr der Reisenden und des Dienstpersonals durch den ganzen Zug und ermöglichen eine zweckmäßige Anordnung der Aborte. Die Fig. 1072—1074 zeigen einen vierachsigen Durchgangswagen I. und II. Klasse mit Seitengang. Der Wagen hat 38 Sitzplätze; er ist im ganzen 19,44 m lang, der Wagenkasten 18,15 m, das Untergestell 18,14 m, äußerer Radstand 15,70 m lang. Den Grundriß eines *Speisewagens* zeigt Fig. 1075: 1 und 2 sind Speiseräume, davon einer für Reisende erster Klasse; 3 Aborte, 4 Küche, 5 Schränke, 6 Durchgang, 7 überbaute Plattformen. Nach der *inneren Ausstattung* kann man unterscheiden Personenwagen I., II., III., IV. Klasse oder solche mit mehreren Klassen, sowie *Speise-, Schlaf-, Hof-, Salon-, Aussichts-, Kranken-, Ärzte-, Besichtigungswagen* usw.

Die Wagen 4. Klasse, ebenso wie die bedeckten Güterwagen sind zum Teil mit besonderen Vorrichtungen für den Verwundetentransport im Krieg ausgerüstet (umlegbare Plattformgeländer, zweiteilige, breite Stirnwandtüren, Gestelle für Hängebetten usw.).

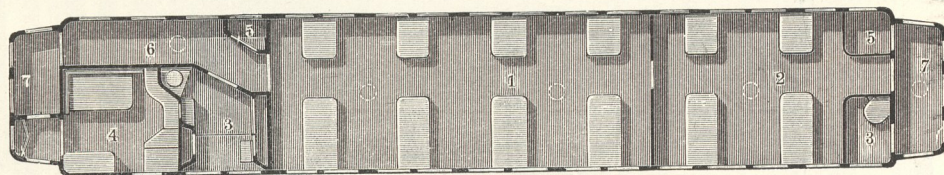


Fig. 1075. Speisewagen (Grundriß).

Die *Postwagen* sind mit zahlreichen Fächern zur Unterbringung der Briefe und Pakete, ferner mit Schreibplätzen für die Beamten, auch mit Vorrichtungen zur Beleuchtung und Heizung ausgestattet. Für das seitens der Bahn beförderte Reisegepäck dienen *Gepäck-* oder *Packwagen*.

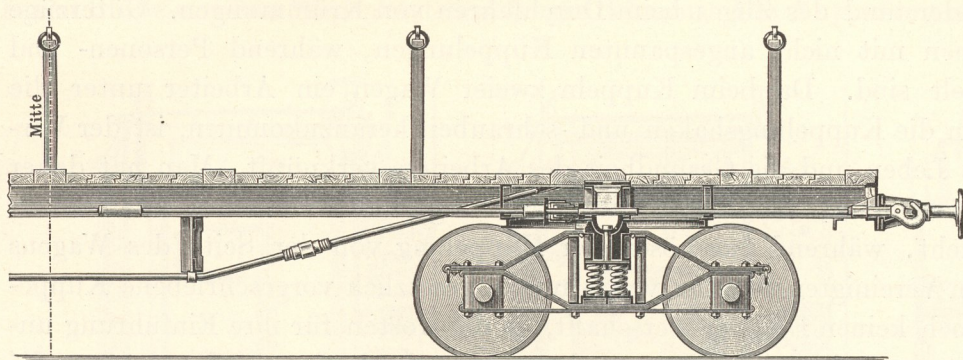


Fig. 1076. Plattformwagen (für lange Gegenstände) mit zwei vierrädrigen Drehgestellen.

Sie werden zugleich zum Aufenthalt des Zugführers, des Packmeisters, des Wagenwärters usw. benutzt. Im Packwagen (zugleich Schutzwagen zwischen Lokomotive und Zug) ist meist auch ein Raum zur Unterbringung von Hunden und ein Abort vorhanden. Bisweilen sind bei geringerem Verkehr der Post- und der Gepäckraum in einem Wagen nebeneinander untergebracht.

3. Güterwagen.

Die Bezeichnung der Güterwagen erfolgt nach der *Bauart* (offene und bedeckte Güterwagen)

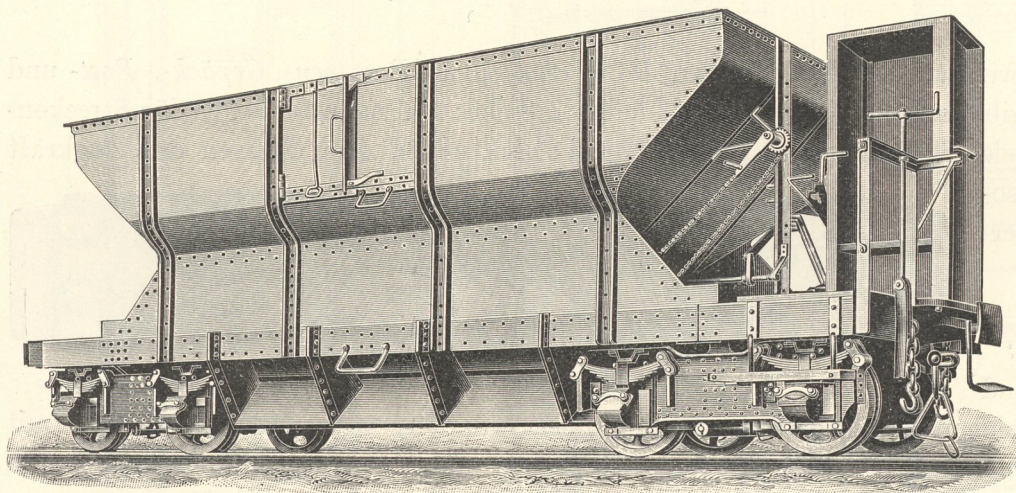


Fig. 1077. Vierachsiger Seitenentleerer, 1000 mm Spurweite.

oder nach dem *Verwendungszweck* (Spezialwagen). *Offene Güterwagen* kommen vor als *Plattformwagen*, *Hoch-* und *Niederbordwagen*, *Kohlen-*, *Koks-* und *offene Viehwagen*, ferner *Schemelwagen* mit Drehgestellen für Langholz u. dgl. (Fig. 1076) sowie gewöhnliche Erd- und Kieswagen (*Lowries* oder *Loren*), ferner als Wagen für die Beförderung von Gefäßen mit chemischen Flüssigkeiten (so genannte *Säurewagen*), von leeren oder gefüllten Kesseln (*Kesselwagen*), von Kanonen usw. Diese

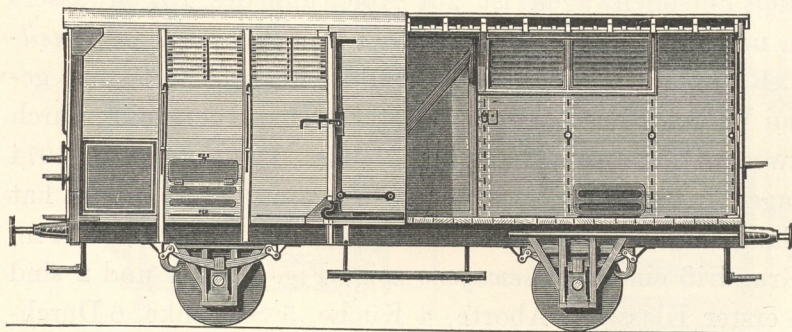


Fig. 1078. Bedeckter Viehwagen für Großvieh.

Wagen müssen wegen der großen Ladegewichte viele Tragachsen haben. Die Firma Krupp besitzt zur Beförderung schwerer Küstengeschütze Wagen mit 16 Achsen, die Lasten bis zu 140 000 kg tragen können. Zur Ersparnis von Kosten und Zeit für das Ausladen bestimmter Massengüter, wie Kohlen, Erze usw., werden neuerdings mit gutem Erfolg sogenannte *Selbstentlader* gebaut. Bei diesen Wagen (Fig. 1077) liegt der Wagenkasten so hoch, daß das Verladegut durch seitlich angeordnete Klappen von selbst aus dem Wagen herausrutscht. Zu diesem Zwecke hat der Kasten dreieckigen Querschnitt, die Klappen öffnen sich nach Auslösen einer Sperrklinke durch den Druck der Ladung von selbst. Die Entladung dieser Wagen geht ungemein schnell vor sich.

oder nach dem *Verwendungszweck* (Spezialwagen). *Offene Güterwagen* kommen vor als *Plattformwagen*, *Hoch-* und *Niederbordwagen*, *Kohlen-*, *Koks-* und *offene Viehwagen*, ferner *Schemelwagen* mit Drehgestellen für Langholz u. dgl. (Fig. 1076) sowie gewöhnliche Erd- und Kieswagen (*Lowries* oder *Loren*), ferner als Wagen für die Beförderung von Gefäßen mit chemischen Flüssigkeiten (so genannte *Säurewagen*), von leeren oder gefüllten Kesseln (*Kesselwagen*), von Kanonen usw. Diese

Wagen müssen wegen der großen Ladegewichte viele Tragachsen haben. Die Firma Krupp besitzt zur Beförderung schwerer Küstengeschütze Wagen mit 16 Achsen, die Lasten bis zu 140 000 kg tragen können.

Zur Ersparnis von Kosten und Zeit für das Ausladen bestimmter Massengüter, wie Kohlen, Erze usw., werden neuerdings mit gutem Erfolg sogenannte *Selbstentlader* gebaut. Bei diesen Wagen (Fig. 1077) liegt der Wagenkasten so hoch, daß das Verladegut durch seitlich angeordnete Klappen von selbst aus dem Wagen herausrutscht. Zu diesem Zwecke hat der Kasten dreieckigen Querschnitt, die Klappen öffnen sich nach Auslösen einer Sperrklinke durch den Druck der Ladung von selbst. Die Entladung dieser Wagen geht ungemein schnell vor sich.

Bedeckte Güterwagen finden Verwendung zur Beförderung von Großvieh (Fig. 1078) und Kleinvieh (*Etagenwagen*), ferner als *Heizwagen* und *Kühlwagen* für Bier, Milch, Butter, Fleisch, Fische, Geflügel usw. Weiter gibt es auch Wagen mit festen Behältern oder Kesseln (*Tankwagen*) für Petroleum, Spiritus, Teer usw. Die bedeckten Güterwagen sind großenteils darauf eingerichtet, für Kriegszwecke zur Beförderung von Mannschaften und Pferden verwendet zu werden (umlegbare Türvorleger, schließbare Fensteröffnungen, Holzleisten für Tornister, Gewehrrechen, Pferdeebäume, Ringe usw.).

Die folgende Zusammenstellung gibt einige der wichtigsten Zahlen von europäischen und amerikanischen Personen- und Güterwagen.

Wagenart Pers.-W. = Per- sonenwagen	Bahnverwaltung	Eisenbahn-Personen- und Güterwagen												
		Achszahl	Platzzahl bzw. Ladegewicht			Leergew. (kg) im ganzen	f. d. Platz bzw. f. 1 t La- dung	Achsstand (mm)		Kastenlänge (mm)		Breite (mm)		Höhe (mm)
			I. Kl.	II. Kl.	III. Kl.			Dreh- gestell	ganz	licht	außen	in- nen	außen	
Pers. - W. (Abteile)	Paris-Orléans . .	2	—	—	70	11 600	166	—	6 800	—	10 900	—	—	—
dgl. (Abteile) . .	Kgl. Sächs. St.-B.	3	6	27	—	19 050	577	—	8 500	—	11 500	—	—	—
dgl. (Durchgg.) .	K. Ferd. Nord-B.	3	12	24	—	21 000	583	—	9 000	—	11 600	—	—	—
dgl. (Abteile) . .	Badische Staatsb.	2×2	—	—	74	30 000	406	2500	11 400	—	15 900	2470	2600	4140
dgl., Durchgg. (D)	K. Preuß. E.-Vw.	2×2	4	36	—	31 000	775	2500	12 000	—	17 000	2850	3000	—
dgl., Schlafw. (D)	Pullman	2×3	26	—	—	51 000	1960	3200	16 470	—	21 135	2725	—	4320
Bedeckte Güterw.	K. Preuß. E.-Vw.	2	15 000 kg			9 600	640	—	4 500	7 920	9 600	2740	3000	3437
Bedeckte Güterw.	Amerika	2×2	27 200			—	—	1525	8 845	10 160	10 370	2480	2630	3820
Petrol.- Kesselwag.	Amerika	2×2	30,4 cbm			8 700	—	1525	8 850	9 350	10 850	1980 Dm.		4100

Der Preis für Personenwagen schwankt zwischen etwa 7600 Mark (zweiachsiger Personenwagen 4. Klasse) und 46000 Mark (vierachsiger Personenwagen 1. und 2. Klasse); für gewöhnliche Güterwagen zwischen 2400 Mark (offener Güterwagen ohne Bremse von 6,8 m Kastenlänge) und 4500 Mark (vierachsiger, 12 m langer Plattformwagen mit zwei Drehgestellen ohne Bremse). Bedeckte Wagen für besondere Zwecke können selbstverständlich viel teurer sein.

4. Heizung und Lüftung der Eisenbahnwagen.

Heizung. Erst verhältnismäßig spät wurde die Heizung der Eisenbahnwagen im Winter eingeführt. Man begnügte sich anfänglich mit der einfachen Ofenheizung, durch die sich jedoch eine gleichmäßige Erwärmung des Wagens nicht erzielen ließ. Vielfach wurden auch in die Abteile des Wagens Wärmflaschen gestellt, die mit heißem Wasser oder Sand gefüllt waren und auf die die Reisenden ihre Füße stellen konnten. Ein bedeutender Fortschritt war die Einführung der Preßkohlenheizung bei der Rheinischen Eisenbahn im Jahre 1870: unter jeder Sitzbank war ein Blechkasten angeordnet, der von außen mit glühenden Preßkohlen gefüllt werden konnte. Diese Heizungsart ermöglichte eine ausreichende und gleichmäßige Erwärmung der Wagen, hatte jedoch den Nachteil der Feuergefährlichkeit und umständlichen Bedienung; außerdem konnte die Wärme vom Wagennern aus nicht geregelt werden. Im Laufe der Zeit ist man daher auch von diesem Heizsystem abgegangen und hat fast allgemein auf Hauptlinien die *Dampfheizung* eingeführt, die den weitestgehenden Ansprüchen genügt.

Bei der *Hochdruckdampfheizung* gelangt aus dem Kessel der Lokomotive oder eines besonderen Heizwagens Dampf von 3—4 Atmosphären in eine unter den Wagen entlang laufende Leitung, an welche die in den Abteilen befindlichen Heizkörper einzeln angeschlossen sind. Diese Heizkörper bestehen aus einfachen zylindrischen Rohren, in die der hochgespannte Dampf eintreten kann, er gibt hierbei infolge der Ausstrahlung seine Wärme ab; das sich bildende Niederschlagswasser fließt durch die Anschlüsse der Rohre in die Leitung zurück und kann aus kleinen Öffnungen, die in den Kuppelungsköpfen der Schlauchverbindungen zwischen den Wagen angebracht sind, ins Freie entweichen. Erforderlich hierbei ist, daß das Hauptdampfrohr mit Gefälle nach den

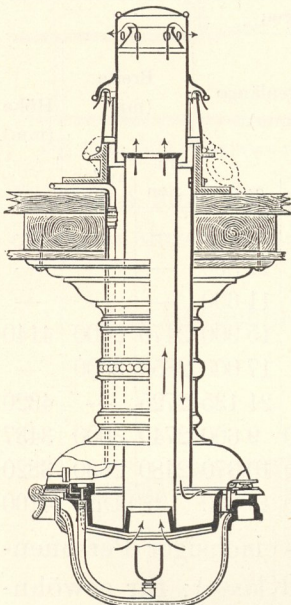
Enden zu verlegt ist. Durch einfache Stellvorrichtungen kann die Dampfzufuhr zu den Heizkörpern geregelt werden.

Bei der *Niederdruckheizung* sind sämtliche Heizkörper eines Wagens, die hier aus langen Röhren bestehen, hintereinander geschaltet; der Dampf wird vor Eintritt in die Heizkörper so stark gedrosselt, daß nur wenig Dampf aus dem Ende der Heizröhren entweichen kann.

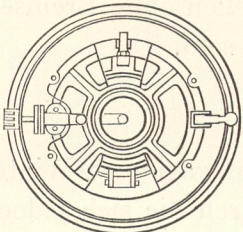
Die vereinigte Hoch- und Niederdruckheizung, die neuerdings viel zur Einführung gelangt, verwendet beide Heizsysteme zusammen und hat dadurch den Vorteil weitestgehender Regulierfähigkeit. Die Hochdruckheizung kann hierbei vom Reisenden selbst nach Bedarf an- und abgestellt werden, während die Niederdruckheizung je nach der Witterung von dem Zugpersonal bedient wird. Die Niederdruckheizkörper sind derartig unterteilt, daß entweder nur eine Hälfte oder die ganze Heizung zur Wirkung gelangt.

Neben der guten Wärmeabstufung hat die Dampfheizung noch den Vorteil des gänzlichen Ausschlusses der Feuersgefahr und des Fortfalles jeglicher Bedienung.

Lüftung. Die Lüftung der Wagen, die hauptsächlich während der wärmeren Jahreszeit erforderlich wird, kann durch im Dach angebrachte *Luftschieber* oder durch besonders aufgesetzte *Luftsauger* bewirkt werden, mittels derer die in den Wagen nach oben steigende warme Luft ins Freie befördert wird. Die Wirkung der Lüftungsvorrichtungen ist jedoch nicht immer befriedigend, da mit der in die Wagen eintretenden Frischluft Staub, Ruß usw. hineingelangt, was unter Umständen zu einer argen Belästigung für die Reisenden werden kann.



Längsschnitt.



Grundriß.

Fig. 1079. Pintsch' Gaslampe für Eisenbahnwagen.

5. Beleuchtung der Wagen.

In den ersten Anfängen des Eisenbahnwesens beförderten die Eisenbahngesellschaften Personenzüge nur am Tage, wodurch eine Beleuchtung der Fahrzeuge unnötig war, und auch noch später, als schon Nachtzüge gefahren wurden, blieben die Wagen unbeleuchtet. Erst ganz allmählich wurde eine Wagenbeleuchtung eingeführt.

In dem Maße, wie sich dann die künstlichen Lichtquellen verbessert haben, sind sie auch für Eisenbahnzwecke benutzt worden. Von der einfachen Kerzenbeleuchtung anfangend, hat man Rüböl, Petroleum, Fettgas, Azetylen, Gasglühlicht und elektrisches Licht verwendet, von denen jetzt vorwiegend die beiden letztgenannten Beleuchtungsarten in Anwendung kommen. Gewöhnliches, aus Steinkohlen hergestelltes Leuchtgas eignet sich zur direkten Beleuchtung schlecht, da es zu diesem Zweck in Behältern unter hohem Druck mitgeführt werden muß; hierbei scheiden sich aber gewisse Bestandteile des Gases aus, wodurch es stark an Leuchtkraft einbüßt. Es wird daher meist das sogenannte *Fettgas* gebrannt. Der Firma Pintsch in Berlin gelang es gegen Ende der 1860er Jahre, aus Braunkohlenteerölen ein Gas herzustellen, das den zur Aufspeicherung in den Wagen nötigen Druck von 6 Atmosphären verträgt, ohne die erwähnten Übelstände zu zeigen. Es wird in besonderen Gasanstalten hergestellt und, auf 10 Atmosphären verdichtet, in große Behälter gedrückt. Von diesen gehen Leitungen zu sogenannten *Füllständern*, die ein Füllen der unter den Wagen angebrachten Gasbehälter mittels einer Schlauchleitung gestatten. Da der zum Brennen nötige Druck nur etwa 50 mm Wassersäule zu betragen braucht, muß zwischen dem Behälter, in dem ein Druck von 6 Atmosphären herrscht, und den Lampen ein Reduzierventil eingeschaltet werden, das den Behälterdruck auf den Lampendruck heruntersselt.

Zur Erzielung größerer Helligkeit versuchte man, dem Fettgas *Azetylen* beizumischen, was mit gutem Erfolge durchgeführt worden ist. Reines Azetylen kann für Eisenbahnbeleuchtungszwecke nicht verwendet werden, da es eine Verdichtung nicht ohne weiteres

verträgt; es ist dann nämlich ein sehr gefährlicher Körper, der leicht explodiert und bereits viele Unfälle veranlaßt hat.

Eine von Pintsch für Eisenbahnwagen konstruierte Lampe zeigt Fig. 1079. Die zur Verbrennung erforderliche Luft wird in der Lampe vorgewärmt, indem die Luft den von den heißen Verbrennungsgasen durchzogenen Schornstein in der Richtung der eingezeichneten Pfeile umspülen muß. Diese Lampen verbrauchen etwa 20 l Gas in der Stunde; die Gasbehälter eines Wagens sind so bemessen, daß sie für etwa 30—40 Stunden ausreichen.

Die Erfindung des *Gasglühlichtes* und insbesondere des *hängenden Gasglühlichtes* veranlaßte bald dessen Einführung zur Beleuchtung der Eisenbahnfahrzeuge, da es bedeutend mehr Licht gibt und außerdem weniger Gas verbraucht. Die Beleuchtungsdauer der Wagen kann dadurch verlängert werden; die Lampen können ferner reines Fettgas brennen, da es ja nicht mehr auf die *Leuchtkraft* des Gases ankommt, sondern nur auf die *Wärmeentwicklung*. Pintsch ordnet unter den Glühkörpern einen Fangkorb an, in den der Glühkörper, falls er zerbrechen sollte, hineinfallen kann; dies hat den Vorteil, daß der Strumpf auch zerbröckelt noch weiterleuchtet, bis er gelegentlich ausgewechselt werden kann.

Zur Vermeidung der bei Zusammenstößen zu Feuersgefahren Veranlassung gebenden Gasbehälter hat man *elektrische Beleuchtung* eingeführt. Es werden dabei die in den Abteilen angebrachten Lampen meist von Akkumulatorenbatterien gespeist, die während der Fahrt durch Dynamomaschinen geladen werden. Diese werden entweder durch eine besondere Dampf- oder Gasmaschine angetrieben, oder es erhält jeder Wagen eine besondere kleine Stromerzeugungsmaschine, deren Anker von der Achse des Wagens selbst in Umdrehung versetzt wird. Die Dynamomaschine gibt natürlich bei Stillstand des Wagens keinen Strom ab; da ferner die Spannung sich mit der Umdrehungszahl des Ankers, also auch mit der Geschwindigkeit des Wagens, ändert, sind verwickelte Schaltungen und besondere Einrichtungen erforderlich, so daß die Betriebssicherheit noch etwas zu wünschen übrigläßt. Es wird daher vielfach reine Akkumulatorenbeleuchtung gewählt, bei der an gewissen Stationen fertig geladene Akkumulatoren in die Wagen geschoben werden, die für bestimmte Zeit den Lampenstrom liefern. Infolge der Erschütterungen, welche die Batterien beim Transport und auch während der Fahrt erleiden, ist ihre Lebensdauer verhältnismäßig gering, so daß die Unterhaltungskosten hoch sind.

6. Eisenbahnbremsen.

Der Zweck der *Bremsen* bei Eisenbahnfahrzeugen ist der, entweder die Fahrgeschwindigkeit zu *regeln* oder sie gänzlich zu *vernichten*. Während bei Zügen, die mit geringerer Geschwindigkeit verkehren, z. B. bei Güterzügen und Militärzügen, noch vielfach Handbremsen an den einzelnen Wagen verwendet werden, ist man bei schnellerfahrenden Zügen fast allgemein zu *durchgehenden Bremsen* übergegangen. Man versteht darunter solche, bei denen die Bremswirkung des ganzen Zuges von einer einzigen Stelle eingeleitet werden kann, wodurch natürlich eine bedeutend größere Betriebssicherheit gegenüber den Handbremsen erzielt wird. Außer dieser Eigenschaft verlangt man von den Bremsen, daß bei Zugtrennungen *selbsttätig* Bremswirkung beider Teile eintritt, und daß ferner der Reisende selbst von seinem Abteil aus den Zug zum Halten bringen kann.

Man wendet hauptsächlich zwei Arten von Bremsen an, die beide als Kraftmittel Luft verwenden, die *Luftsauge-* und die *Luftdruckbremsen*, deren Hauptvertreter die *Hardy-* und die *Westinghousebremse* sind. Hardybremsen werden besonders in Österreich, England und Schweden benutzt, Westinghousebremsen in Deutschland, Rußland und Amerika.

Gemeinsam ist beiden Bremssystemen eine unter dem ganzen Zuge entlang laufende Luftleitung, an die die einzelnen Bremsvorrichtungen angeschlossen sind. Die einzelnen Wagen werden durch biegsame Kuppelungsschläuche verbunden; das vordere Ende der Leitung geht zum Führerstand der Lokomotive, von wo die Bremsen des ganzen Zuges für gewöhnlich von dem Lokomotivführer in Tätigkeit gesetzt werden können.

Bei der Luftsaugebremse wird in der Leitung und in den Bremszylindern eine Luftleere

mittels einer auf der Lokomotive angebrachten Dampfstrahlsaugpumpe erzeugt; das Bremsen erfolgt durch Einlassen von Luft in die Leitung, wodurch die Luftleere zerstört wird. Bei der Druckluftbremse ist dagegen die Leitung mit Preßluft von etwa 5 Atmosphären gefüllt, eine Bremsung wird hier durch Herauslassen von Luft aus der Leitung bewirkt.

Auf Neben- und Kleinbahnen wird noch vielfach die *Heberleinbremse* angewendet, da ihre Bauart und Unterhaltung einfacher als die der genannten Bremsen ist. Bei ihr wird die lebendige Kraft des Zuges selbst zur Bremsbetätigung herangezogen. Fig. 1080 zeigt ein schematisches

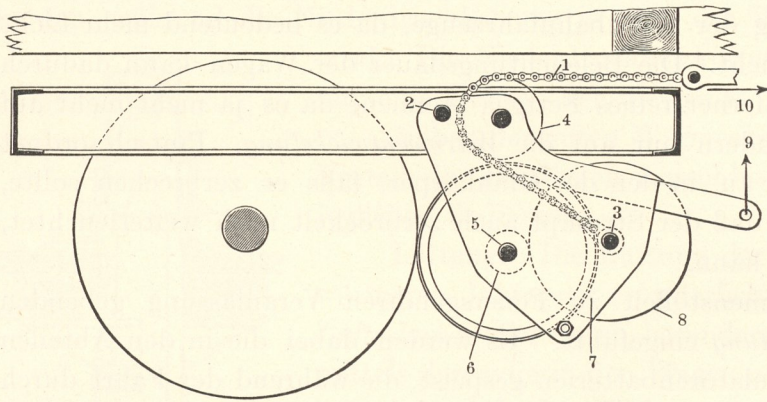


Fig. 1080. Heberleinbremse (1 Gallsche Kette, 2 Drehpunkt des Friktionskastens, 3 Kettenwelle, 4 Leitrolle, 5 Friktionsrollenwelle, 6 Zahnrad, 7 Friktionskasten, 8 Zahnrad, 9 Angriffspunkt des Zugseils, 10 Bremsgestänge).

Bild der Heberleinbremse, aus der die Wirkungsweise der Bremsenrichtung klar ersichtlich ist. Von der Lokomotive wird ein Seil über sämtliche Bremswagen des Zuges geleitet. Ist das Seil straffgezogen, so wird an jedem Wagen eine an einem besonderen Gestell gelagerte Friktionsrolle in der Schwebe gehalten. Beim Nachlassen des Seiles nähert sich die Rolle einer auf der Wagenachse befestigten Bremssscheibe, die sich dadurch mit-

dreht. Ein auf der Achse der Friktionsrolle befestigtes kleines Zahnrad macht die Bewegung mit und dreht gleichzeitig ein größeres herum. Hierdurch wickelt sich auf die Achse des großen Zahnrades eine Gallsche Gelenkkette auf, die am anderen Ende mit dem Bremsgestänge verbunden ist und so die Bremsklötze anzieht. Beim Straffziehen des Seiles hebt sich dann die Friktionswelle von der Bremssscheibe wieder ab, während eine starke Feder die Klötze abzieht und gleichzeitig die Gelenkkette von der Achse abwickelt. Für

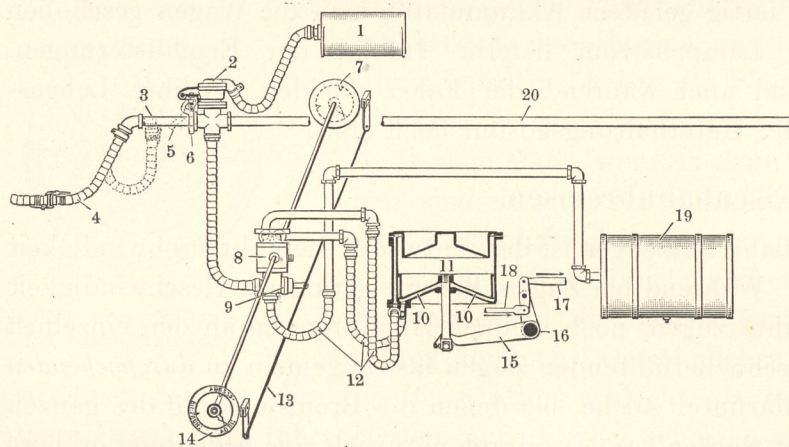


Fig. 1081. Hardy-Luftsaugebremse (1 Hilfsvakuumbehälter, 2 schnellwirkendes Bremsventil, 3 Blindkuppelung, 4 Kuppelungsschlauch, 5 Hahnstellung für einfache, 6 Hahnstellung für automatische Bremsung, 7 Umstelltafel mit Zeiger, 8 Umschalthehn, 9 Kugelventil [Auslösventil], 10 Unterkammer, 11 Oberkammer, 12 Gummischläuche [mit Spiraldrahteinlage], 13 Drahtzug zum Auslösen, 14 Umstelltafel mit Zeiger, 15 Bremswinkelhebel, 16 Bremswelle, 17, 18 Bremsgestänge, 19 Vakuumbehälter, 20 Hauptvakuumleitung).

gewöhnlich wird die Bremsung von dem Lokomotivführer oder, auf ein Signal von ihm, vom Zugbegleitpersonal im Packwagen des Zuges eingeleitet, indem durch ein Windwerk das Seil nachgelassen wird. Außerdem können die Reisenden bei Gefahr die Bremse selbst betätigen. Eine Zusammenstellung der Einzelteile der selbsttätigen *Hardybremse* zeigt Fig. 1081. Jeder Wagen besitzt einen mit dem Bremszylinder verbundenen Vakuumbehälter; ein auf der Lokomotive befindlicher Luftsauger stellt in diesem Behälter eine Luftleere von etwa 50—55 cm Quecksilbersäule her. Der Bremszylinder enthält einen durch mitrollende Gummiringe abgedichteten Bremskolben, der den Zylinder in eine Oberkammer und eine Unterkammer trennt. Das an jedem Wagen ebenfalls angebrachte Schnellbremsventil wird für gewöhnlich nicht betätigt, es funktioniert nur bei Notbremsungen. Während der Fahrt besteht in allen Teilen der Bremse ein gleichhohes Vakuum. Der Kolben sinkt durch sein Eigengewicht in den Bremszylinder herab, die Bremsen sind dabei gelöst. Es steht jetzt die Unterkammer durch einen Umschalthehn mit der Hauptleitung, und gleichzeitig Oberkammer, Unterkammer und Vakuumbehälter durch ein Kugelventil in Verbindung. Bei Betriebsbremsungen kann der Führer durch ein auf dem Führerstand angebrachtes

Ventil Luft in die Hauptleitung einlassen; da die Unterkammer mit der Hauptleitung verbunden ist, wird der Druck hier etwas erhöht gegenüber dem in der Oberkammer. Der Bremskolben geht demzufolge nach oben und zieht die Bremsen an. Gleichzeitig wird das erwähnte Kugelventil auf seinen Sitz gepreßt, wodurch beide Kammern voneinander abgetrennt werden. Je nach der Menge der einströmenden Luft kann der Führer eine stärkere oder schwächere Bremswirkung erzielen.

Läßt man dagegen plötzlich eine große Menge Luft in die Leitung eintreten, wie es bei *Notbremsungen* entweder vom Führer oder auch von einem Reisenden geschehen kann, so tritt das erwähnte schnellwirkende Bremsventil in Tätigkeit, das die Bremswirkung insofern noch verstärkt, als es in die Unterkammer jedes Bremszylinders Außenluft unmittelbar eintreten läßt. Zur Erzielung einer Notbremsung sind in den Wagenabteilen Handgriffe angebracht. Durch Ziehen an diesen zerstört man die Luftleere in den Unterkammern, wodurch die schnellwirkenden Bremsventile in der bereits geschilderten Weise in Tätigkeit gesetzt werden und eine kräftige Bremswirkung erzielt wird.

Ein Lösen der Bremsen findet dadurch statt, daß der Führer mittels seines Luftsaugers die Luft aus der Hauptleitung und den Unterkammern herausaugt und dadurch den anfänglichen Zustand wieder herstellt. Um bei einem von der Lokomotive abgekuppelten Fahrzeug die gegebenenfalls angezogenen Bremsen lösen zu können, ist an dem Kugelventil ein Hahnzug angebracht. Durch Ziehen an diesem wird das Ventil von seinem Sitz abgehoben, wodurch sich der Druck oberhalb und unterhalb des Kolbens ausgleicht und die Bremsen ohne Mitwirkung des Führers gelöst werden.

Der in Fig. 1081 mit dargestellte Umschalhahn (8) ermöglicht drei Stellungen: bei der ersten ist die Bremseinrichtung von der Hauptleitung abgesperrt, so daß die Bremse ausgeschaltet ist; bei der zweiten ist außer der Betriebsbremse noch die oben beschriebene Notbremsung möglich; in der dritten Stellung ist die Notbremseinrichtung abgestellt. Bei Zugtrennungen löst sich die Verbindung der Schlauchkuppelungen der Wagen, wodurch eine große Menge Luft in die Leitungen einströmt und eine kräftige Schnellbremsung beider Zugteile eintritt.

Die *Luftdruckbremse* von *Westinghouse* ist in ihrer Bauart vielteiliger als die Luftsaugbremse. Zur Erzeugung der für die Bremswirkung nötigen Druckluft ist auf der Lokomotive eine durch Dampf betriebene Luftpumpe angebracht, die, wie Fig. 1082 zeigt, den an geeigneter Stelle angeordneten Hauptluftbehälter von etwa 300—400 l Inhalt mit Druckluft von 6,5 Atmosphären anfüllt. Fig. 1082 stellt die Anordnung der Einzelteile der Westinghousebremse auf der Lokomotive dar. Dem Führer bequem zur Hand liegt das Führerbremsventil, das fünf verschiedene Hauptstellungen zuläßt.

1. *Füllstellung*: Hauptluftbehälter und Leitung stehen unmittelbar in Verbindung, so daß letztere mit Druckluft gefüllt wird.

2. *Fahrstellung*: Hauptluftbehälter und Hauptleitung stehen nur durch den sogenannten Leitungsdruckregler (11) in Verbindung, der den Druck in der Leitung auf der gewünschten Höhe hält, falls er sich durch Undichtigkeiten vermindert.

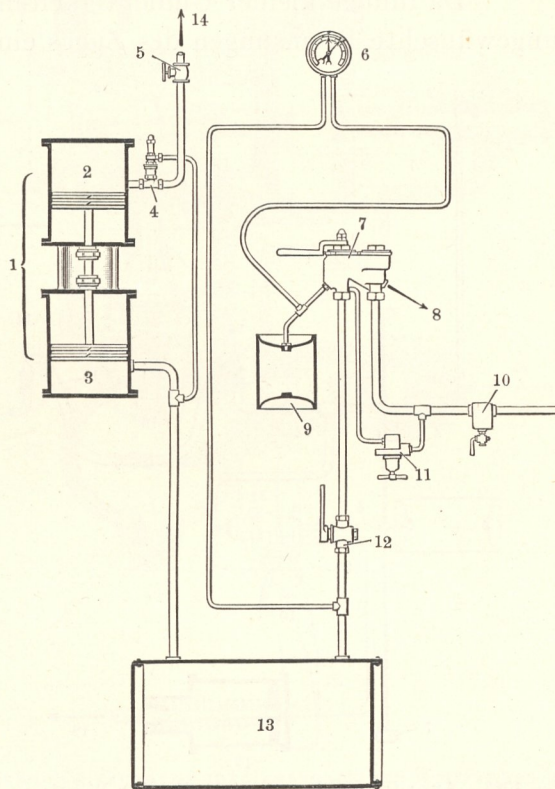


Fig. 1082. Anordnung der Einzelteile der Westinghousebremse an der Lokomotive (1 DampfLuftpumpe, 2 Dampfzylinder, 3 Luftzylinder, 4 Luftpumpenregler, 5 Dampf-
absperrenteil, 6 Doppelluftdruckmesser, 7 Führer-Bremsventil, 8 Ausblasöffnung, 9 Bremsventil-Luftbehälter, 10 Tropf-
becher [in der Regel am Tender angebracht], 11 Leitungsdruckregler, 12 Absperrhahn, 13 Hauptluftbehälter, 14 Dampfleitung zum
Kessel).

3. *Abschlußstellung*: alle Verbindungen sind abgesperrt.

4. *Betriebsbremsstellung*: unter Abschluß des Hauptluftbehälters kann Druckluft aus der Leitung ins Freie entweichen.

5. *Notbremsstellung*: Wirkung wie unter 4, nur entweicht mehr Luft aus der Leitung.

Am Führerbremsventil ist außerdem noch ein Ausgleichventil angebracht, das bei Betriebsbremsungen eine gleichmäßigere Druckverminderung in der Hauptleitung zwecks Erzielung einer sanfteren Bremswirkung ermöglicht. Zu diesem Ausgleichventil gehört ferner noch ein kleiner Bremsventilluftbehälter. Ein Doppelluftdruckmesser gestattet die Ablesung des Drucks in der Leitung und in dem Hauptluftbehälter; ersterer soll etwa 5 Atmosphären, letzterer 6,5 Atmosphären betragen.

Da infolge kleiner Undichtigkeiten der Druck in der Leitung sinken könnte, wodurch dann ungewünschte Bremsungen des Zuges eintreten würden, ist der erwähnte *Leistungsdruckregler* eingebaut, der den Druck in der Hauptleitung bei Stellung 2 des Führerbremsventils auf obengenannter Höhe hält. Um dem Führer die Arbeit zu ersparen, nach jeder Bremsung den Hauptluftbehälter durch Anstellen der Luftpumpe wieder mit dem vorgeschriebenen Druck zu füllen, hat man selbsttätige Luftpumpenregler erdacht, die die Luftpumpe von selbst in Gang setzen, sobald der Druck im Hauptluftbehälter unter 6,5 Atmosphären sinkt.

Der in Fig. 1082 noch sichtbare Tropfbecher dient zur Abscheidung von Öl, Wasser u. dergl. aus der Druckluft, damit die Hauptleitung von diesen Verunreinigungen freigehalten wird. An den Tropfbecher schließt sich die eiserne Hauptleitung an, die zu allen mit Bremsen versehenen Fahrzeugen führt (s. Fig. 1083). Gummischläuche mit leicht lösbaren Kuppelungsköpfen zu den Enden vermitteln die Verbindung zwischen den einzelnen Wagen.

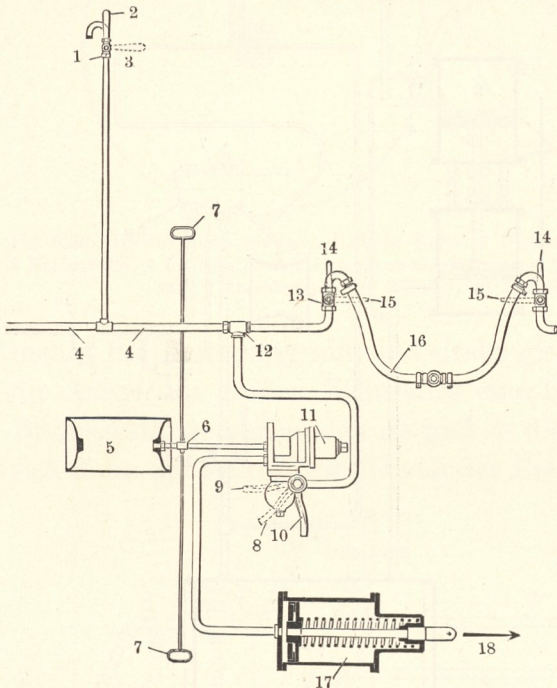
Durch einen Staubfänger gelangt nun die Druckluft in das sogenannte *Funktionsventil* (Fig. 1084), das einen der sinnreichst ausgedachten Teile der Westinghousebremse bildet. Es besteht aus einem gußeisernen Gehäuse, das außer dem Anschluß an die Hauptleitung noch Verbindungen mit einem Hilfsluftbehälter und dem Bremszylinder zeigt. In dem Gehäuse sind eingebaut: der Ventilkolben 5, der Schieber 6 mit dem Abstufungsventil 7, die Graduierstange 21 mit Spiralfeder 22 und Führung 4, der Nebenkolben 13, das Mittelventil 18 mit Dichtungsscheibe 15, das Rückschlagventil 19 mit unterer Spiralfeder 20 und Zusatzfeder 24, ein Dreiweghahn 26 und ein vor dem Anschluß der Hauptleitung angebrachtes Drahtsieb 25.

Fig. 1083. Anordnung der Einzelteile der Westinghousebremse an den Fahrzeugen (1 Schaffnerhahn, 2 Hahnstellung geschlossen, 3 Hahnstellung offen, 4 Hauptluftleitung, 5 Hilfsluftbehälter, 6 Auslöseventil, 7 Drahtzug für das Auslöseventil, 8 Hahnstellung auf Leitung, 9 Hahnstellung auf gewöhnliche Bremse, 10 Hahnstellung auf Schnellbremse, 11 Funktionsventil, 12 Staubfänger, 13 Kuppelungshahn, 14 Kuppelungshahn geschlossen, 15 Kuppelungshahn offen, 16 Luftschlauch, 17 Bremszylinder, 18 Bremsgestänge).

In dem erwähnten Hilfsluftbehälter wird die zur jedesmaligen Bremsung erforderliche Luft aufgespeichert. Zur Bremseneinrichtung gehört ferner der Bremszylinder mit Kolben, an dessen Stange das Bremsgestänge befestigt ist. Ein mit Handgriff versehenes Auslöseventil gestattet, einen gebremsten Wagen zu entbremsen, indem man die Preßluft aus dem Hilfsluftbehälter entweichen lassen kann.

In allen Abteilen des Wagens befinden sich an der Decke, dem Reisenden zugänglich, Griffe; durch Ziehen an diesen kann der Reisende ein *Notbremsventil* öffnen, wodurch aus der Hauptleitung, wie bei einer Notbremsung durch den Führer, Druckluft entströmt und die Bremsen kräftig angezogen werden.

In allen Abteilen des Wagens befinden sich an der Decke, dem Reisenden zugänglich, Griffe; durch Ziehen an diesen kann der Reisende ein *Notbremsventil* öffnen, wodurch aus der Hauptleitung, wie bei einer Notbremsung durch den Führer, Druckluft entströmt und die Bremsen kräftig angezogen werden.



Die Wirkungsweise der automatischen Luftdruckbremse ist nun folgende: Nachdem der Führer den Hauptluftbehälter auf der Lokomotive mit Preßluft von vorschriftsmäßiger Spannung gefüllt hat, bringt er das Führerbremssventil in Füllstellung. Die Preßluft gelangt dadurch aus dem Hauptluftbehälter in die Hauptleitung und die daran angeschlossenen Funktionsventile. In diesen geht sie durch den Dreiweghahn 26 und den Kanal 1, die Öffnungen 2—2 vor den Hauptkolben 5, den sie in die gezeichnete Stellung nach links drückt. Durch Nuten 3 und 8 gelangt sie dann über den Schieber 6 hinweg in den Hilfsluftbehälter. Der Schieber 6 hat hierbei eine derartige Stellung, daß die Höhlung 9 in ihm den zum Bremszylinder führenden Kanal 10 mit dem ins Freie führenden Kanal 11 verbindet, so daß das Innere des Bremszylinders mit der Außenluft in Verbindung steht, die Bremsen also gelöst sind.

Bei einer gewöhnlichen Betriebsbremsung vollzieht sich dann folgender Vorgang. Der Führer stellt sein Bremsventil auf Betriebsbremsstellung, bis sich der Druck in der Hauptluftleitung, wie er an dem Luftdruckzeiger ablesen kann, um etwa $\frac{1}{2}$ Atmosphäre ermäßigt hat. Da dann in den einzelnen Hilfsluftbehältern ein Überdruck gegenüber dem Druck in der Leitung vorhanden ist, wird sich der Kolben 5 nach rechts bewegen, wo der geringere Druck der Hauptleitung herrscht. Er schließt dann zunächst die Nut 3 und hebt das Abstufungsventil 7 von seinem Sitz ab, so daß Druckluft durch die kleine Öffnung 12 in den Kanal 14 gelangt. Geht nun der Hauptkolben weiter, so nimmt schließlich die Nase 16 den Schieber mit, bis der Kanal 14 über dem zum Bremszylinder führenden Kanal 10 steht. Es gelangt dann die Druckluft aus dem Hilfsluftbehälter durch 12, 14, 10, 33 in den Bremszylinder, dessen Verbindung mit der Außenluft durch die Schieberbewegung unterbrochen ist. Die Bremsen werden also angezogen. Ist nun der Druck im Hilfsluftbehälter etwas unter den in der Hauptleitung gesunken, so geht der Kolben eine Kleinigkeit nach links und schließt damit das Abstufungsventil wieder, ohne den Schieber zu bewegen; die Bremsung hält demnach an.

Wird statt der geringen Druckverminderung von $\frac{1}{2}$ Atmosphäre der Druck in der Hauptleitung um etwa 1—2 Atmosphären erniedrigt, was der Führer durch Stellen des Bremsventils in die Notbremsstellung, oder ein Reisender durch Ziehen des Notbremsgriffes bewirken kann, so ereignet sich folgendes: Der Kolben 5 geht infolge des eintretenden großen Druckunterschiedes vor und hinter dem Kolben sofort in seine äußerste Endlage nach rechts, indem er sich an die federnde Graduierstange 21 anlegt; der von ihm mitgenommene Schieber kommt dabei in eine solche Lage, daß die im Hilfsluftbehälter enthaltene Luft durch die Öffnung 17 über den Nebenkolben 13 gelangen kann. Dieser wird dadurch heruntergedrückt und hebt gleichzeitig das Mittelventil 18 von seinem Sitz ab. Die Druckluft in der Hauptleitung kann nun das Ventil 19 heben und durch 18 unmittelbar in den Bremszylinder strömen. Infolge der großen Durchgangsquerschnitte erfolgt ein sofortiges, kräftiges Anziehen sämtlicher Bremsen des ganzen Zuges. Gleichzeitig strömt aber auch Luft aus dem Hilfsluftbehälter durch die im Kolben 13

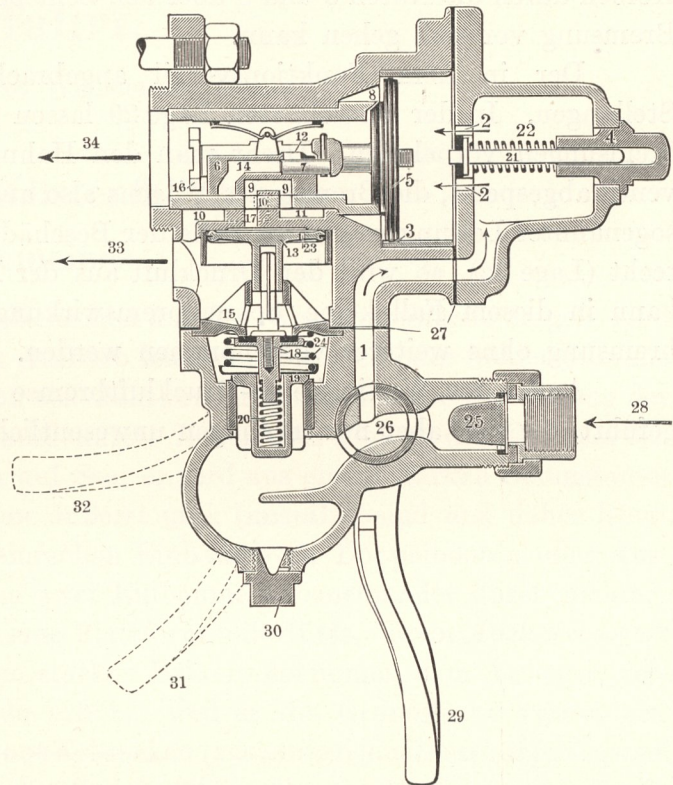


Fig. 1084. Schnellwirkendes Funktionsventil von Westinghouse (1 Luftkanal, 2 Luftöffnungen, 3 Nut, 4 Graduierstangenführung, 5 Ventilkolben, 6 Schieber, 7 Abstufungsventil, 8 Nut, 9 Schieberhöhle, 10 Kanal zum Bremszylinder, 11 Kanal ins Freie, 12 Öffnung im Schieber 6, 13 Nebenkolben, 14 Kanal im Schieber 6, 15 Dichtungsscheibe, 16 Nase an der Kolbenstange, 17 Öffnung über dem Nebenkolben 13, 18 Mittelventil, 19 Rückschlagventil, 20 Spiralfeder, 21 Graduierstange, 22 Spiralfeder, 23 Öffnung im Kolben 13, 24 Zusatzfeder, 25 Sieb, 26 Dreiweghahn, 27 Lederdichtung, 28 von der Hauptluftleitung, 29 Schnellbremsstellung, 30 Entwässerungsschraube, 31 Leitungsstellung, 32 gewöhnliche Bremsstellung, 33 zum Bremszylinder, 34 zum Hilfsluftbehälter).

befindliche kleine Öffnung 23 in den Bremszylinder ein; ist dann der Druck im Hilfsluftbehälter, der den Kolben 13 herunterdrückt, gleich dem in der Bremsleitung geworden, so hebt sich der Kolben 13 wieder, und das Ventil 18 schließt sich infolge des Druckes der beiden Federn 20 und 24.

Das Lösen der Bremsen geschieht in der Weise, daß der Führer durch Stellen seines Bremsventils in Füllstellung den Druck in der Leitung wieder erhöht. Die Preßluft gelangt von der Hauptleitung durch Kanal 1 und Öffnungen 2 zum Hauptkolben, schiebt diesen in seine linke Endlage, wie gezeichnet, zurück; Kanal 17 wird durch 9 mit der freien Luft (Kanal 11) in Verbindung gesetzt, und gleichzeitig der Bremszylinder durch 10 und 11 ebenfalls mit der freien Luft verbunden, die Bremsen lösen sich infolgedessen. Die Preßluft gelangt weiter aus dem Raum vor dem Kolben durch die Nuten 3 und 8 über den Schieber in den Hilfsluftbehälter, so daß nun eine neue Bremsung vor sich gehen kann.

Der in dem Funktionsventil angebrachte Dreiweghahn gestattet drei verschiedene Stellungen. In der gezeichneten Lage 29 lassen sich die eben beschriebenen Betriebs- und Notbremsungen vornehmen. Dreht man den Hahngriff um 45° (Lage 31), so ist das Funktionsventil abgesperrt, die Bremse des Wagens also außer Tätigkeit gesetzt: der Wagen dient nur als sogenannter Leitungswagen im Falle der Beschädigung der Bremse. Stellt man den Hebel wagenrecht (Lage 32), so wird der Druckluft aus der Leitung der Weg zum Ventil 19 versperrt; es kann in diesem Fall keine Schnellbremswirkung erzielt, dagegen eine gewöhnliche Betriebsbremsung ohne weiteres vorgenommen werden.

Außer der Westinghouse-Druckluftbremse sind noch einige andere Druckluftbremsen eingeführt, die sich aber nur in einigen unwesentlichen Punkten von dieser unterscheiden.
