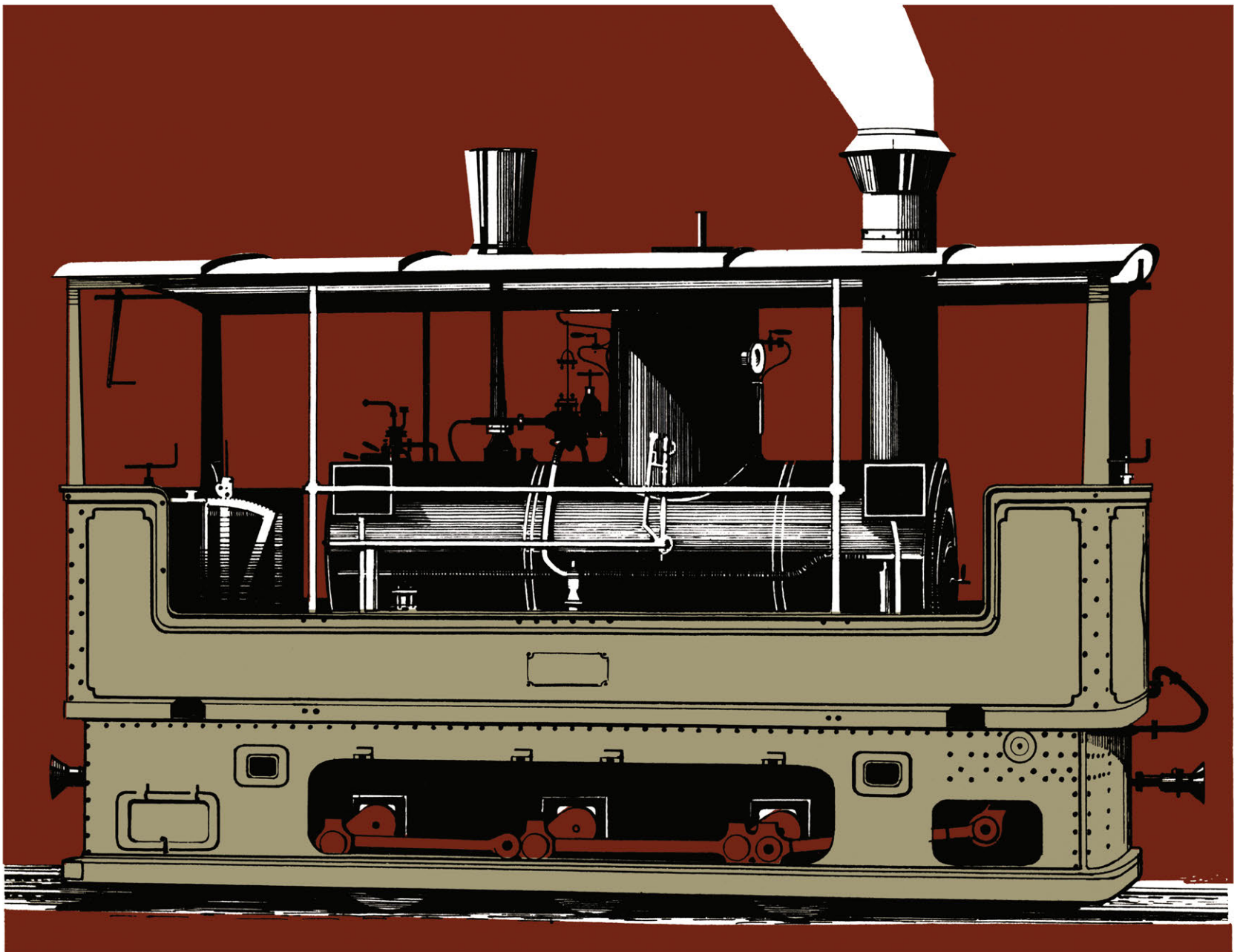


Dampflok- Sonderbauarten

Raimar Lehmann



B

Dampflok- Sonderbauarten

Raimar Lehmann

Springer Basel AG

ISBN 978-3-0348-6757-3
DOI 10.1007/978-3-0348-6756-6

ISBN 978-3-0348-6756-6 (eBook)

Vorwort

Wenn mancherorts auch heute noch Dampflokomotiven im Einsatz sind – ihre große Zeit ist unwiderruflich vorüber. Bei vielen Eisenbahnfreunden aber erfreuen sie sich nach wie vor großer Beliebtheit. Allerdings ist einem breiten Leserkreis nur wenig über die Sonderbauarten bekannt, denn die Literatur darüber ist nur schwer zugänglich. So gab es Veranlassung, diese Lokomotivgruppe in einer speziellen Publikation ausführlicher zu behandeln.

Die Vorarbeiten währten Jahre. Viele Angaben ließen sich nicht beschaffen; auch widersprachen einige manchmal derart einander, daß sich gültige Aussagen nur schwer formulieren ließen. Die einzelnen Maschinen werden daher unterschiedlich im Umfang und im Detail behandelt und nicht so ausgewogen, wie es wünschenswert wäre. Wer kritische Bemerkungen oder weiterführende Hinweise für mich hat, leite sie bitte dem Verlag zu. Dafür meinen Dank im voraus.

Den zusammengetragenen Stoff sinnvoll zu gliedern hätte es viele Möglichkeiten gegeben. Für ein populärwissenschaftliches Buch, und nur ein solches soll dieses Werk sein, schien mir die gewählte Gliederung am sinnvollsten. Sie bietet dem ingenieurtechnisch nicht oder nicht fachspezifisch gebil-

deten Leser einen faßlichen Zugang zu den einstigen Zielstellungen, Lösungswegen und Ergebnissen.

Blieb auch vielen der dargestellten Sonderbauarten ein Erfolg versagt, so fordern doch der Einfallsreichtum und die Schöpferkraft ihrer Erbauer unseren Respekt. Schließlich haben wir aus ihren Fehlern gelernt. Überheblichkeit angesichts des heutigen Wissensstandes ist bei niemandem angebracht.

Dank gebührt all den Privatpersonen, Firmen und Bahnverwaltungen, die mir mit technischer Dokumentation und Bildern so großzügig halfen; sie ermöglichten erst das Entstehen des Werkes. Dank auch für die Aufwendungen des Verlages, die mir zu den Illustrationen aus aller Welt verhalfen. Nicht vergessen möchte ich auch meinen Lektor, dessen freundliche Hinweise mir stets willkommen waren, und die beiden Gutachter, deren kritischen Anmerkungen ich viel Nützliches entnehmen konnte.

So wünsche ich meinem Buch eine günstige Resonanz bei verständnisvollen Lesern, und den fauchenden Ungetümen von einst wünsche ich noch ein langes Weiterleben in unser aller technischem Bewußtsein.

Raimar Lehmann

Inhaltsverzeichnis

1.	Dampflokomotiven mit besonderen Laufwerken	7	2.2.2.	Anthrazitfeuerungen	97
1.1.	Steifrahmenlokomotiven	7	2.2.3.	Staubfeuerungen	100
1.1.1.	Sechs- und Siebenkuppler	7	2.2.4.	Ölfeuerungen	106
1.1.2.	Lokomotiven mit Gruppenantrieben	14	2.3.	Verbundlokomotiven	109
1.1.3.	Lokomotiven mit Einzelachs-antrieben	18	2.3.1.	Zweizylinderverbundlokomotiven	111
1.1.4.	Lokomotiven mit Hilfstriebachsen	24	2.3.2.	Dreizylinder-Verbundlokomotiven	112
1.1.5.	Lokomotiven mit Booster	25	2.3.3.	Tandem-Verbundlokomotiven	113
1.1.6.	Lokomotiven mit Triebtender	25	2.3.4.	Sondermann-Verbundlokomotiven	113
1.1.7.	Lokomotiven mit Brownschen Triebwerken	27	2.3.5.	Vauclain-Verbundlokomotiven	114
			2.3.6.	Vierzylinder-Verbundlokomotiven	115
1.2.	Gelenklokomotiven	28	2.3.7.	Dreifachexpansions-Verbundlokomotiven	116
1.2.1.	Vorgeschichte der Gelenklokomotiven bis zum Semmering-Wettbewerb	28	2.4.	Lokomotiven mit Gleichstromdampfmaschinen	116
1.2.2.	Doppellokomotiven	30	2.5.	Lokomotiven mit Ventilsteuerungen	118
1.2.3.	Fairlie-Lokomotiven	31	2.6.	Lokomotiven mit Drehschiebersteuerungen	119
1.2.4.	Meyer-Lokomotiven	36	2.7.	Lokomotiven mit Sonderkesseln	119
1.2.5.	Kitson-Meyer-Lokomotiven	40	2.7.1.	Flaman-Kessel	119
1.2.6.	Mallet-Lokomotiven	42	2.7.2.	Kessel mit Wellblechfeuerbüchsen	120
1.2.7.	Garratt-Lokomotiven	61	2.7.3.	Kessel mit Polonceau-Feuerbüchsen	120
1.2.8.	Golwé-Lokomotiven	72	2.7.4.	Kessel mit Jacobs-Shupert-Feuerbüchsen	120
1.2.9.	Single-Fairlie- und Mason-Lokomotiven	73	2.7.5.	Kessel mit Wellrohrfeuerbüchsen	120
1.3.	Teilgelenkige Lokomotiven	74	2.7.6.	Kessel mit Wasserrohrfeuerbüchsen	122
1.3.1.	Stütztender-Lokomotiven	74	2.7.7.	Wasserrohrkessel	125
1.3.2.	Fink-Lokomotiven	75	2.7.8.	Gelenkkessel	127
1.3.3.	Klose-Lokomotiven	76	2.7.9.	Stehende Kessel	127
1.3.4.	Hagans-Lokomotiven	78	2.7.10.	Franco-Crosti-Kessel	128
1.3.5.	Köchy-Lokomotiven	81	2.7.11.	Velox-Kessel	133
1.3.6.	Hohlachs-Lokomotiven	81	2.7.12.	Hochdrucklokomotiven	134
1.3.7.	Luttermöller-Lokomotiven	84	2.8.	Lokomotiven mit Giesl-Ejektor	141
1.4.	Getriebelocomotiven	86	2.9.	Dampfturbinenlokomotiven	142
1.5.	Lokomotiven mit Reibradantrieben	93	2.9.1.	Beluzzo-Dampfturbinenlokomotiven	142
2.	Lokomotiven mit erhöhtem thermischem Wirkungsgrad	96	2.9.2.	Reid-Ramsay-Dampfturbinenlokomotive	143
2.1.	Die Rolle des Wirkungsgrades	96			
2.2.	Lokomotiven mit ungewöhnlichen Feuerungsarten	96			
2.2.1.	Holzfeuerungen	96			

2.9.3.	Ramsay-Dampfturbinenlokomotive	143	3.4.	Zahnradlokomotiven	176	3.14.	Dampflokomotiven für Einschienenbahnen	206
2.9.4.	Mac-Leod-Reid-Dampfturbinenlokomotive	144	3.5.	Wetli-Lokomotiven	185	3.15.	Dampflokomotiven für Holzbahnen	207
2.9.5.	Ljungström-Dampfturbinenlokomotiven	144	3.6.	Fell-Lokomotiven	185	3.16.	Dampf-Elektro-Lokomotiven . . .	208
2.9.6.	Zoelly-Dampfturbinenlokomotiven	147	3.7.	Liliputlokomotiven	187			
2.9.7.	Auspuff-Dampfturbinenlokomotiven	150	3.8.	Trambahnlokomotiven	189	Literaturverzeichnis		209
2.9.8.	General Electric- und Baldwin-Dampfturbinenlokomotiven . . .	152	3.9.	Inspektionslokomotiven	193	Bildquellenverzeichnis		213
2.10.	Diesel-Dampflokomotiven	155	3.10.	Industriellokomotiven	194	Namenverzeichnis		213
3.	Dampflokomotiven für besondere Einsatzbereiche	159	3.10.1.	Tagebaulokomotiven	194	Firmenverzeichnis		214
3.1.	Stromlinienlokomotiven	159	3.10.2.	Kranlokomotiven	195	Typenverzeichnis		216
3.2.	Kondenslokomotiven	167	3.10.3.	Industriellokomotiven in Normalausführung	197			
3.3.	Kriegslokomotiven	171	3.10.4.	Dampfspeicherlokomotiven . . .	199			
			3.11.	Feldbahnlokomotiven	202			
			3.12.	Treidellokomotiven	204			
			3.13.	Lokomotiven in ehemaligen Kolonien	204			

1. Dampflokomotiven mit besonderen Laufwerken

1.1. Steifrahmenlokomotiven

1.1.1. Sechs- und Siebenkuppler

Dampflokomotiven mit sechs gekuppelten Achsen in einem Rahmen blieben immer eine Rarität. Verglichen mit der Fülle anderer Bauarten, kamen nur wenige Typen zum Einsatz. Das wird verständlich, wenn man bedenkt, daß solch große Steifrahmenlokomotiven nur bei ganz spezifischen Verhältnissen sinnvoll waren, zumal oft Gelenkbauarten als Alternativlösungen zur Wahl standen. Außerdem wurde ihr Einsatz durch die Vielfalt der zu berücksichtigenden Faktoren und oftmals auch durch die persönlichen Ansichten der für die Beschaffung zuständigen Beamten erschwert.

Möglich waren große Steifrahmenlokomotiven überhaupt erst, nachdem Klarheit über die Führung von Lokomotiven im Gleis und deren Kurvenbeweglichkeit bestand. Es ist das Verdienst von *Richard von Helmholtz*, hierfür schon 1887 mit seinen Untersuchungen über die Probleme des statischen Seitenschubes von Fahrzeugachsen in Bögen die theoretischen Grundlagen geschaffen zu haben.

Der Österreicher *Karl Gölsdorf* erwarb sich besondere Anerkennung durch die Umsetzung des damit gegebenen theoretischen Rüstzeuges in die Praxis. Bei dem 1900 von der Wiener Lokomotivfabrik gebauten ersten Fünfkuppler der Reihe 180 der österreichischen Staatsbahn erhielten die erste, die dritte und die fünfte Achse Seitenspiel; zwangsläufig griff die Treibstange an der vierten, festen Achse an. Durch Zurückverlegen des Kreuzkopfes vermied man eine allzu lange und schwere Stange; vielfach bildete später die dritte Achse die Treibachse, da deren Verschiebbarkeit entbehrlich schien. Die als Naßdampf-Verbundmaschine ausgeführte Probelokomotive bewährte sich derart gut, daß nicht nur die Staatsbahn, sondern auch die Südbahn eine größere Anzahl beschaffte.

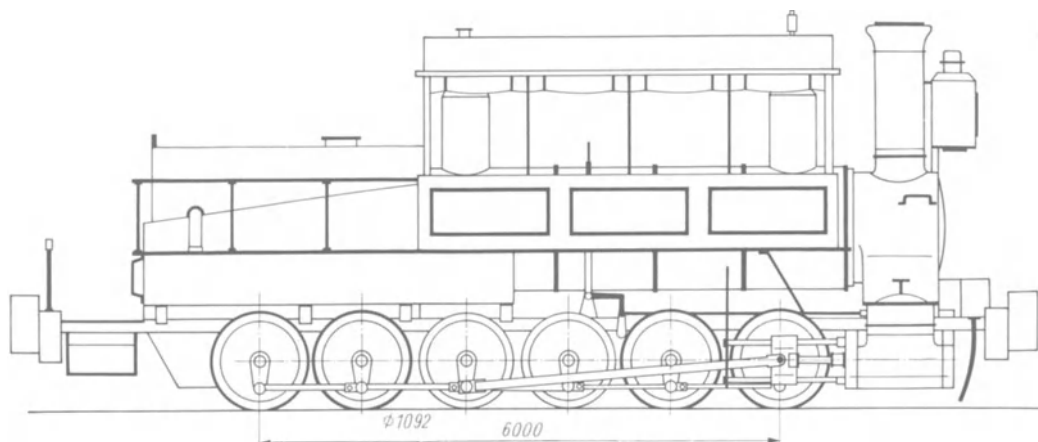
Nachdem so die Reihe 180 den Bann gebrochen hatte, fanden D- und E-Maschinen mit Anordnung der Achsen nach Gölsdorf bald in ganz Europa und in Übersee Anwendung.

Die Krönung der Entwicklung stellten Sechs- und Siebenkuppler dar, die gegenüber den Gelenklokomotiven den großen Vorteil des einfacheren Aufbaues mit entsprechenden positiven Auswirkungen auf Herstellungs- und Wartungskosten hatten. Natürlich konnten sie nicht so bogenläufig sein wie Gelenklokomotiven, dennoch blieben die befahrbaren Radien erstaunlich klein. Als Nachteil muß gelten, daß der zwangsläufig große Achsstand für die an den Enden liegenden Kuppelräder große Anlaufwinkel mit sich brachte, die die Lebensdauer von Schiene und Spurkranz verminderten. Zudem erwies es sich als schwierig, die vielen Stangen so einzustellen, daß jede die genau richtige Länge hatte. Dehnungen, Durchbiegungen und Abnutzung veränderten schnell die Ursprungsmaße und führten durch Klemmen zu schwerem Gang.

Die „Pennsylvania“ der Philadelphia & Reading

Mit der „Pennsylvania“ genannten Lokomotive der Philadelphia & Reading, einer Bahngesellschaft in den USA, schuf 1863 der Chefingenieur *James Millholland* auf rein empirischer Basis in den Bahnwerkstätten den ersten Sechskuppler der Welt. Gedacht für den Schiebedienst auf einer kurzen und nicht allzu steilen Rampe, wählte Millholland zwei Zylinder von 508 mm Durchmesser und 660 mm Hub; der Kuppelraddurchmesser von 1 092 mm muß für den Einsatzzweck als angemessen gelten. Zur Erzielung einer guten Kurvenläufigkeit trotz des 6-m-Achsstandes hatten die beiden mittleren Achsen spurkranzlose Räder, die Endachsen hatten wahrscheinlich Seitenverschiebbarkeit; die mäßige Höchstgeschwindigkeit von 24 km/h in der Geraden und 16 km/h in den Kurven entschärfte das Führungsproblem zusätzlich.

Für die Verfeuerung gasarmen Anthrazits benutzte Millholland eine spezielle Kesselbauart, auf die in einem späteren Kapitel noch eingegangen wird. Der 9 m lange Kessel für 0,88 MPa (8,8 kp/cm²) Dampfdruck hatte einen 2,9 m² großen, über dem Rahmen liegenden Rost und eine Verbrennungskammer; seine Heizfläche betrug 130 m². Die Stehkesseldecke fiel steif nach hinten ab; dadurch bedingt lag das geräumige Führerhaus auf dem Kessel auf. Bei einer



Dienstmasse von 45,5 t entwickelte die „Pennsylvania“ eine Zugkraft von 103 kN (10,3 t). Ein Tender fehlte, ebenso ein Kohle-raum auf der Maschine selbst; dagegen existierte ein 5,3 m³ fassender Wasserbehälter. Das Heizen erfolgte nur vor Antritt der Fahrt – für die kurze Strecke offensichtlich ein ausreichendes Verfahren. Im Einsatz bewährte sich die „Pennsylvania“ überraschend gut. 1870 entfernte man nach Gleisverstärkungen eine Kuppelachse; in

diesem Zustand lief sie als Nr. 93 noch bis 1885.

Die 100.01 der österreichischen Staatsbahn

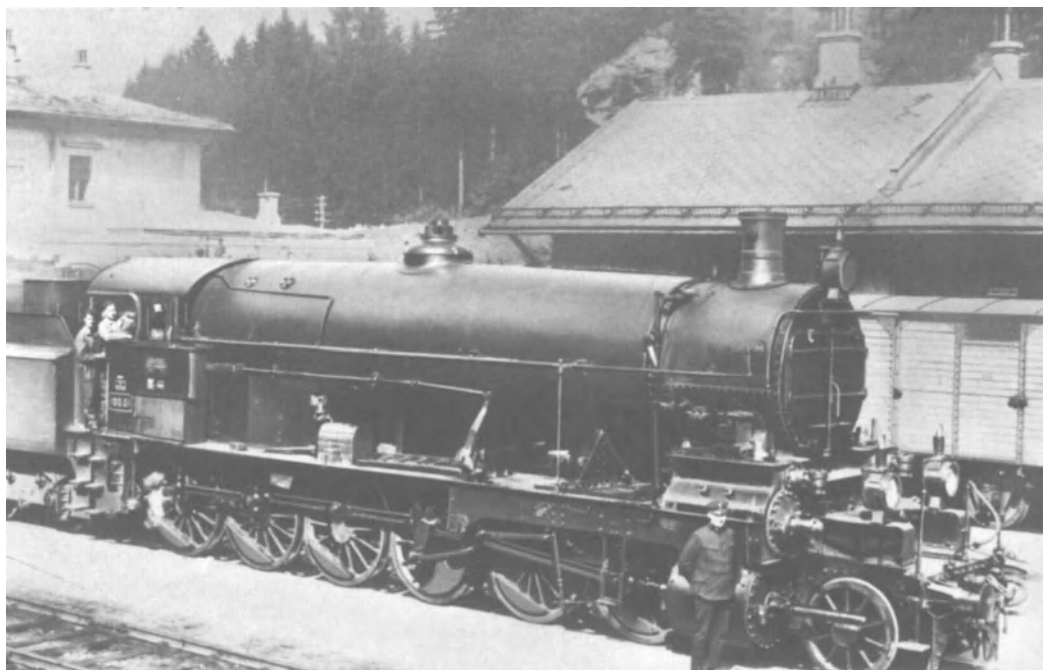
Es sollten fast 50 Jahre vergehen, bis dieser seiner Zeit vorausseilende Einzelgänger einen Nachfolger fand. Um die Jahrhundertwende hatte die österreichische Staatsbahn Schwierigkeiten, die immer schwerer werdenden Schnellzüge über die Tauern- und

Wocheinerbahn zu befördern. Wegen des Gebirgscharakters dieser Strecke, dem starken Verkehr und auf Grund der geringen zulässigen Achsfahrmasse von 13,5 t wagte Oberbaurat *Karl Gölsdorf*, der seit 1893 alle Neubaulokomotiven der Staatsbahn als Leiter des Konstruktionsbüros schuf, den Sprung zum Sechskuppler. Die 1'F der Reihe 100 wurde von der Wiener Lokomotivfabrik, mit der er besonders eng zusammenarbeitete, im Detail durchkonstruiert und Anfang 1911 geliefert.

Gölsdorf wählte als Kraftquelle ein Vierzylinder-Verbundtriebwerk mit innen liegenden Hochdruckzylindern von 450 mm Durchmesser bei 680 mm Hub und außen angeordneten Niederdruckzylindern mit gleichem Hub, aber 760 mm Durchmesser; alle vier wirkten auf die dritte Kuppelachse. Zum Durchfahren von Kurven bis herab zu 150 m Radius erhielt die 100.01 eine Adamsachse und drei seitenverschiebbare Kuppelradsätze (der zweite, fünfte und sechste Radsatz) sowie einen spurkranzlosen Treibradsatz (der dritte Radsatz); den Kuppelraddurchmesser legte man mit 1450 mm fest. Das brachte den Gesamtachsstand der Lok auf 10,1 m. Der Entschluß, zwei bis zu 40 mm seitenverschiebbare Endradsätze mittels Kuppelstangen anzutreiben, war bis dahin ohne jedes Vorbild; deshalb sah Gölsdorf im Ursprungsentwurf noch eine hinter dem letzten Radsatz gelagerte Blindwelle vor, um den langen Stangen seitlichen Halt zu geben; wegen der großen Masse dieser Anordnung wählte er dann aber Stangen mit Kardangelenken. Zur Ausnutzung ihrer Reibungsmasse von 82 t erhielt die 100.01 einen Kessel mit 5 m² Rost-, 249 m² Heiz- und 47 m² Überhitzerfläche; der Dampfdruck betrug 1,6 MPa (16 kp/cm²). Der sehr hoch liegende Kessel verbesserte die Zugänglichkeit zum Innentriebwerk wesentlich; bemerkenswert war auch die mit zwei Brennern der Bauart Holden arbeitende Ölfeuerung.

Während es die Lokomotive selbst auf 96 t Dienstmasse brachte, mußte sie sich im Interesse geringer Gesamtmasse mit einem dreiachsigen Tender begnügen, der bei 39 t Dienstmasse 16 m³ Wasser und einen Heizölbehälter aufnahm.

Im Einsatz entwickelte die 100.01 bei einer Zylinderleistung von 1354 kW (1840 PS) eine



Dauerzugkraft von 148 kN (14,8 t) bei 31 km/h; für das Anfahren auf voller Steigung gespannt stehender Züge ließ sich die Zugkraft durch Frischdampfzufuhr in die Niederdruckzylinder auf 220 kN (22 t) steigern. 300 t bis 350 t schwere Züge ließen sich auf 2,7%igen Steigungen mit 32 km/h befördern; manchmal fuhr man mit Geschwindigkeiten von bis zu 85 km/h, üblicherweise aber nicht schneller als 60 km/h.

Dieser Lokomotive kann man den Titel des schönsten aller Sechskuppler zugestehen; auch technisch gesehen wurde sie ein großer Erfolg. Daß sie trotzdem ein Einzelstück blieb, hatte verschiedene Gründe. Dringendere Aufgaben verhinderten zunächst die weitere Beschaffung, danach zwangen der Weltkrieg und der Zerfall des Staates, weniger aufwendige Maschinen zu verwenden. Mit der Elektrifizierung der Tauernbahn fehlte dann ab 1935 der Bedarf an einer solch leistungsfähigen Dampflokomotive. Nach fast ausschließlichem Dienst auf der Tauernbahn musterte man sie 1928 aus. Ihre zur damaligen Zeit hohe Leistung konnte im Einsatz ohnehin nur selten genutzt werden, da sie als Einzelgängerin im Plan der schwächeren 1'E-Maschinen lief.

Die 1'F1'-Tenderlokomotiven der holländischen Staatsbahn auf Java

Auf Grund der sehr guten Einsatzergebnisse der 100.01 wagte es die deutsche Firma Hanomag schon 1912, eine ganze Serie von 1'F1'-Tenderlokomotiven an die holländische Staatsbahn für deren Schmalspurnetz mit 1067 mm Spurweite auf Java auszuliefern. Die bis 1917 auf 10 t, höchstens 11 t begrenzte Achsfahrmasse machte für den Bergdienst schon frühzeitig vier und später sechs Kuppelachsen erforderlich. Lokomotiven in dieser Form liefen ab 1904 als (1'C)C-Mallet-Verbundtyp, der vor dem Debüt der 1'F1' mit seinen 54 t Reibungsmasse die große Berglokomotive auf Java darstellte. Eben diese sollte die neue Reihe ersetzen, und man kann sich leicht vorstellen, daß ohne das starke Argument der erfolgreichen österreichischen 1'F der Sprung von der Mallet mit nur 2,6 m Kuppelachsstand zum Sechskuppler mit 6,25 m auseinanderliegen-

den Endachsen und einem Gesamtachsstand von 10,25 m bei einer Länge über Kupplung von mehr als 13 m nicht möglich gewesen wäre.

Die Hanomag begnügte sich mit zwei Zylindern von 540 mm Durchmesser bei 510 mm Hub; sie wirkten auf die dritte Kuppelachse des mit 1102 mm großen Rädern ausgestatteten Fahrwerkes. Dieses erlaubte mit seinen Adamsachsen, den geschwächten Spurrändern auf den beiden mittleren Kuppelradpaaren und mittels verschiebbarer Endachsen das Durchfahren von 140-m-Bögen. Die Kuppelstangen konnten dem seitlichen Spiel der Endachsen durch Hagans-Gelenkkupplungen folgen.

Der gut proportionierte, für einen Dampfdruck von 1,2 MPa (12 kp/cm²) ausgelegte Kessel verfügte mit 2,6 m² Rost-, 131,5 m² Heiz- und 40,8 m² Überhitzerfläche über ausreichend Leistung.

Abweichend von normalen Tenderlokomotiven wurde der Wasserkasten ausgebildet. Die übliche seitliche Anordnung hätte den Stehkessel unzugänglich gemacht und die Streckensicht erschwert. Quer unter dem Kessel, aber über dem Rahmen lag deshalb ein flacher, breiter, nach unten in den Rahmen reichender Behälter; außerdem befanden sich unter dem Führerstand und unter dem 2,5 t fassenden Kohlebunker Wasservorräte, so daß insgesamt 8,5 m³ Wasser speicherbar waren.

Bei einer Dienstmasse von fast 75 t und einer Reibungsmasse von 57 t konnte die 1'F1' unter günstigen Reibungsbedingungen und mit 60 % Füllung eine Zugkraft von 102 kN

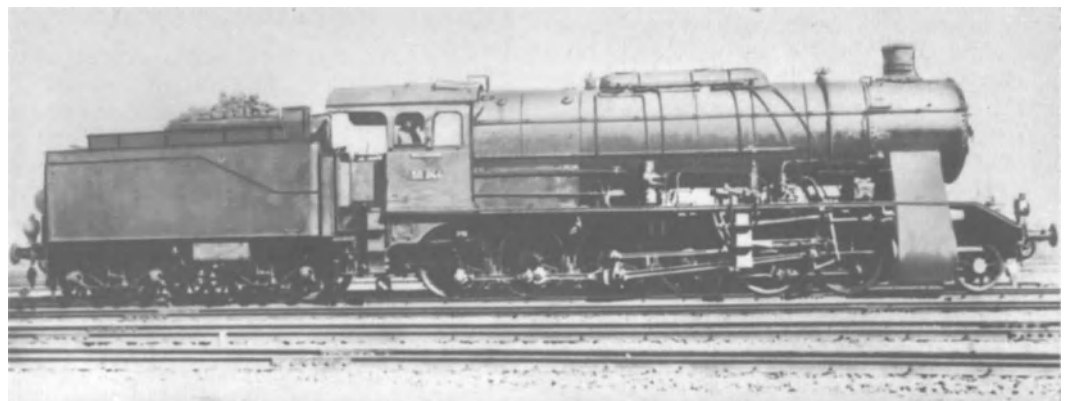
(10,2 t) ausüben; auf 2,8%igen Steigungen fuhr sie 159 t mit 32 km/h.

An Sonderausrüstungen sind noch die Rauchverbrennungsanlage nach Marcotty, die Vakuumbremse des Systems Hardy und die Gresham-Gegendruckbremse erwähnenswert.

Insgesamt lieferte Hanomag 18 Einheiten und während der Kriegsjahre 1915/17 Werkspoor (Holland) 10. 1969 sollen davon noch 26 im Dienst gestanden haben; wie viele es heute noch sind, ist unbekannt. Einige verschlug es im Laufe der Zeit zur Padangbahn nach Sumatra, andere, auf Java laufende Maschinen erhielten Ölfeuerung, und einige wurden mit Holz gefeuert.

Die Reihe K der württembergischen Staatsbahn

In Europa liefen serienmäßig produzierte Sechskuppler erstmals in Deutschland. Es war den schwierigen Streckenverhältnissen zuzuschreiben, die die württembergische Staatsbahn zur Erhöhung von Leistung und Zugkraft ihrer Güterzuglokomotiven zwingen, den Schritt zum Sechskuppler zu wagen. Für den Betrieb auf der Strecke Bretten–Ulm, vor allem aber für die 5 km lange Geislinger Steige wurde eine leistungsfähige Maschine mit großem Kessel benötigt, der sich aber bei der niedrigen zulässigen Achsfahrmasse von 16 t nur auf sechs Kuppelachsen unterbringen ließ. Trotz der für deutsche Verhältnisse ungewöhnlichen Abmessungen blieb bei Beibehaltung der Handfeuerung die Besetzung mit nur einem Heizer eine Voraussetzung für den wirt-



schaftlichen Betrieb. Die daraus resultierenden Grenzen in der Lokomotivauslegung bedingten zum Erreichen der gewünschten hohen Leistung die Nutzung von Überhitzung, Verbundwirkung und Abdampfvorwärmung. So entstand in der Maschinenfabrik Esslingen 1918 die erste der 1'F-h4v-Maschinen der Reihe K, der späteren Reihe 59.

Der Hersteller wählte Zweiachs Antrieb nach de Glehn, wobei die äußeren Niederdruckzylinder von 750 mm Durchmesser und 650 mm Hub auf die vierte, die inneren Hochdruckzylinder von 500 mm Durchmesser bei ebenfalls 650 mm Hub auf die dritte Kuppelachse wirkten. Um Platz für die Stangen zu bekommen, hatte auch die zweite Achse eine Kröpfung; der Kreuzkopf der äußeren Zylinder lag weit zurück.

Das Laufwerk mit 9,9 m Gesamtachsstand erhielt zum Durchfahren von 145-m-Bögen eine vordere Bisselachse und 1350 mm große Kuppelräder; die erste und letzte Kuppelachse besaßen Seitenspiel, die dritte und vierte bekamen geschwächte Spurkränze. Eine Rückstellvorrichtung an der letzten Achse erleichterte die Rückwärtsfahrt, und da die fünfte Kuppelachse festlag, erübrigte sich das Kardangelen, das Gölsdorf für seinen Sechskuppler zwischen den beiden letzten Achsen noch anwandte.

Bemerkenswert sind die bis dahin ungewöhnlichen Kesselabmessungen; 4,2 m² Rost-, 232 m² Heiz- und 80 m² Überhitzerfläche erreichten oder überschritten erst wieder die schweren Einheitslokomotiven der Reihen 44 und 45. Materialengpässe zwangen ab der vierten Lokomotive zum Einbau von Stahlfeuerbüchsen.

Von 108 t Dienstmasse entfielen 94,6 t auf die Kuppelachsen, genug, um in der Ebene 1420 t mit 65 km/h und auf 2,5%igen Steigungen 420 t mit 25 km/h zu befördern. Der vierachsige Drehgestellender faßte bei einer Dienstmasse von 46,7 t 20 m³ Wasser und 6,5 t Kohle; mit ihm kam die Reihe K auf eine Gesamtlänge über Puffer von 20,2 m. Nach Auslieferung des Prototyps folgten 1919 weitere 12 und in den Jahren 1923/24 nochmals 29 Exemplare. Im Einsatz zeigte sich ihre vorzügliche Eignung für den Bergdienst, in der Ebene blieben sie unwirtschaftlich. Als nach dem Zusammenschluß der Länderbahnen eine Erhöhung der zuläs-

sigen Achsfahrmasse auf 20 t bevorstand, verzichtete die Deutsche Reichsbahn auf den Weiterbau dieser 1'F-Lokomotiven; gleiche und größere Leistungen waren nun auch auf fünf Kuppelachsen unterzubringen. Nach der Elektrifizierung der Geislinger Steige kamen die 59er im Verlaufe des zweiten Weltkrieges nach Österreich zur Semmering-Bahn. Einige verschlug es auch nach Ungarn und nach Jugoslawien.

Die an die Deutsche Bundesbahn zurückgegebenen Maschinen wurden bis 1953 ausgemustert; bei der Österreichischen Bundesbahn blieben sie bis 1957 als Reihe 659 erhalten.

Die bulgarischen Sechskuppler

Das Einsatzland mit den meisten Sechskupplern in Europa blieb Bulgarien, wo sie im Verlauf von 50 Jahren ununterbrochen regelmäßigen Dienst auf Steigungsstrecken versahen.

Die ersten Sechskuppler der Reihe 45⁰¹⁻¹⁰ lieferte Hanomag schon 1922 mit der Achsfolge F speziell zur Beförderung schwerer Kohlezüge auf der Linie Pernik–Vladaja–Sofia aus. Im Ursprungszustand handelte es sich um Zweizylinder-Naßdampf-Verbund-Tenderlokomotiven; ihre Niederdruckzylinder blieben die größten Bulgariens; zudem waren es die ersten Maschinen, deren Reibungsmasse 100 t überschritt. 1948 erfolgte eine Umstellung auf einfache Dampfdehnung nach dem Zwillingssystem mit Lentz-Ventilsteuerung und Dampfüberhitzung.

Nachfolgend die technischen Daten für den Lieferzustand: Zylinderdurchmesser 620 mm/900 mm, Hub 700 mm, Kuppelrad-durchmesser 1340 mm, Achsstand 7,223 m, Kesseldruck 1,5 MPa (15 kp/cm²), Rostfläche 4,6 m², Heizfläche 248,4 m², Dienstmasse 101 t, Zugkraft 153 kN (15,3 t), Höchstgeschwindigkeit 45 km/h, Wasservorrat 12 m³, Kohlevorrat 5 t.

Alle Lokomotiven blieben über 50 Jahre im Einsatz; dabei liefen sie bis 1931 ausschließlich auf ihrer Stammstrecke und gaben dann ihren Platz an die neuen 46er ab. Danach verrichteten sie Reservestreckendienste und schwere Rangierarbeiten, bis moderne Diesellokomotiven sie auch dort verdrängten.

Als 1929 die bulgarische Staatsbahn daran-ging, eine vereinheitlichte Typenreihe aufzu-

stellen, befand sich darunter wieder eine Sechskupplertenderlokomotive, die jedoch mit Rücksicht auf die gestiegenen Anforderungen an Leistung, Geschwindigkeit und Aktionsradius nun einen Überhitzer und drei Laufachsen in der Achsanordnung 1'F2' erhielt. Diese 14 von der Firma Cegielski 1931 aus Polen gelieferten mächtigen Zwillingslokomotiven der Reihe 46⁰¹⁻¹² bildeten den Ausgangspunkt für eine Neuausschreibung im Jahre 1940. Der wesentliche Unterschied der als Reihe 46¹³⁻²⁰ eingeordneten, 1942 von Schwartzkopff aus Berlin gelieferten acht Einheiten lag in der Anwendung eines Drillingstriebwerkes; ansonsten wiesen beide Reihen fast gleiche Betriebsparameter und Einsatzmöglichkeiten auf. Zum Durchfahren kleinster Kurven von 180 m Radius bildete die vordere Laufachse mit der ersten Kuppelachse ein Krauss-Helmholtz-Drehgestell, die dritte und vierte Kuppelachse blieben spurkranzlos, die sechste besaß Seitenspiel.

Unter sämtlichen Tenderlokomotiven blieben sie die einzigen mit mehr als acht Achsen; in der Reibungsmasse übertrafen lediglich die viel langsameren bayrischen Mallets aus den Jahren 1913/23 sowie die 1'E1'-Tenderlokomotiven, die Borsig in den 30er Jahren für den Sandtransport in oberschlesische Bergwerksgebiete lieferte, die Reihe 46.

Als Brennstoff fand eine in Bulgarien geförderte sehr feinstückige Braunkohlensorte Verwendung, die viel Asche enthielt und stark rußte; diese Eigenarten erforderten neben angemessener Rostfläche einen Schüttelrost, der zur Erleichterung der Heizarbeit Dampftrieb erhielt. Als Kessel fand eine Einheitsbauart der bulgarischen Staatsbahn Anwendung; er entsprach in seiner Ausführung im wesentlichen den deutschen Reichsbahnkesseln.

Um in den langen Tunnels die Belästigung des Personals durch die starke Rauchentwicklung, die teilweise zu Ohnmachtsanfällen führte, zu verringern, förderte ein Ventilator saubere Frischluft aus tieferen Lagen in den Führerstand.

Gemäß der Ausschreibung schaffte es die 46¹³⁻²⁰, 420 t mit 25 km/h über 2,5%ige Steigungen zu bringen, die 275-m-Kurven enthielten; daneben standen die Lokomotiven

auch im Schiebedienst. Die Maschinen der Reihe 46^{01–12} liefen über 37 Jahre lang und die der Reihe 46^{13–20} über 25 Jahre lang auf der Strecke Pernik–Sofia, bis die Ablösung durch Diesellokomotiven anstand.

Abschließend noch einige technische Daten der 46^{01–12}: Zylinderdurchmesser 700 mm, Hub 700 mm, Kuppelraddurchmesser 1340 mm, Gesamtachsstand 14,5 m, Kesseldruck 1,6 MPa (16 kp/cm²), Rostfläche 4,87 m², Heizfläche 224 m², Überhitzerfläche 84 m², Länge über Puffer 18,2 m, Dienstmasse 149,1 t, Reibungsmasse 101,7 t, Zugkraft 306 kN (30,6 t), Höchstgeschwindigkeit 65 km/h, Wasservorrat 18 m³, Kohlevorrat 18 t.

Für die 46^{13–20} lauteten die davon abweichenden technischen Daten: Zylinderdurchmesser 550 mm, Hub 650 mm, Gesamtachsstand 14,45 m, Überhitzerfläche 80 m², Dienstmasse 155,8 t, Reibungsmasse 108 t, Zugkraft 264 kN (26,4 t).

Die Reihe 9000 der Union Pacific

Die wohl beeindruckendsten Sechskuppler besaß die Union Pacific, eine der bekanntesten Eisenbahngesellschaften in den USA. Zwischen 1926 und 1930 lieferte Alco 88 Maschinen mit der einmalig gebliebenen Achsfolge 2'E1' an die Union Pacific aus. Abgesehen von den Mallet-Bauarten, handelte es sich um die damals schwersten Lokomotiven, bestimmt für den schweren Güterzug-

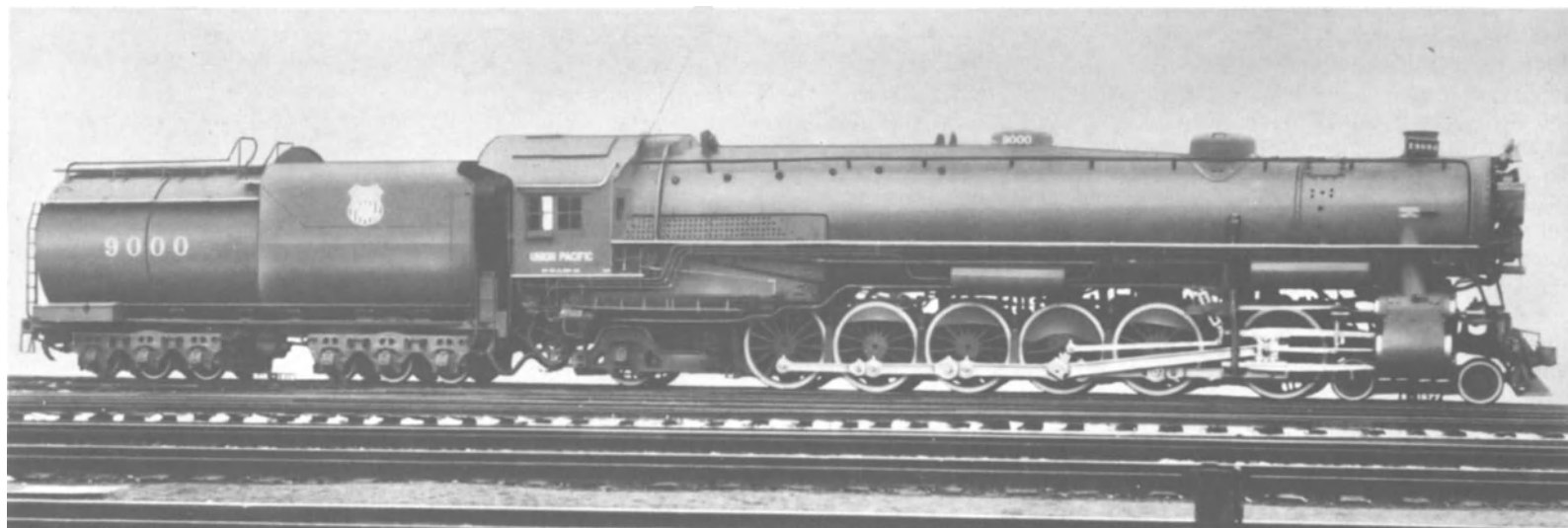
dienst, den bis dahin (1'D)D-Loks besorgten. Da sich diese aber für höhere Geschwindigkeiten nicht eigneten, beschaffte die Union Pacific 1917 zunächst 1'E1'-h2- und ab 1925 dann 2'E1'-h3-Lokomotiven, die auf Grund ihrer guten Bewährung den Anstoß zu der neuen Bauform gaben. Alco behielt die Dreizylinderbauart bei, zumal zwei Zylinder innerhalb des Umgrenzungsprofils nicht Platz fanden.

Die gegossenen Außenzylinder von 686 mm Durchmesser bei 813 mm Hub wirkten auf die dritte, der stark geneigte Innenzylinder mit dem gleichen Durchmesser, aber einem Hub von 787 mm arbeitete auf die zweite Kuppelachse. Diese Anordnung ergab sich aus dem großen Kuppelraddurchmesser von 1702 mm, der seinerseits wieder mit Rücksicht auf eine gute Durchbildung der Kropfachse gewählt werden mußte. Innerhalb der Kuppelräder fanden die notwendigen Ausgleichsgewichte gut Platz, allerdings fielen Kolben- und Treibstangen sehr lang aus. Die Kolbenschieber erlaubten eine Höchstfüllung von 76 %; der Antrieb der Innensteuerung leitete sich mittels eines Übertragungshebels vom Außentriebwerk ab. Sieben Maschinen erhielten eine dritte Walschaert-Steuerung, alle aber besaßen Kraftumsteuerung.

Wegen des Kuppelachsstandes von 9,35 m bei 15,951 m Gesamtachsstand trat während der Konstruktionsphase eine Reihe von

Problemen auf, die insbesondere den Kurvenverlauf, den Achslastaussgleich, die Gestaltung des Innentriebwerkes und die Schmierung betrafen. Bemerkenswerterweise konnten auch Gleisbögen mit 109 m Radius befahren werden; dazu bildete man die erste und sechste Kuppelachse seitverschiebbar aus; außerdem setzte Alco alle Radsätze enger, was einer Spurkranzschwächung gleichkam. Als überflüssig sollten sich die spurkranzlosen Räder der vierten Kuppelachse herausstellen; auch mit Spurkranz ergaben sich in Verbindung mit dem auf Pendelstützen gelagerten Drehgestell und der Schleppachse ausgezeichnete Laufeigenschaften, so daß die Union Pacific als Dauergeschwindigkeit 80 km/h zuließ.

Der 17,1 m lange Kessel für einen Dampfdruck von 1,55 MPa (15,5 kp/cm²) entsprach üblichen Bauepiflogenheiten, jedoch erforderte die zur Verfügung stehende Kohle eine Rostfläche von 10,5 m², so daß die Räder der letzten Kuppelachse teilweise in den Rost ragten. Eine 2 m lange Verbrennungskammer sorgte für den erforderlichen Verbrennungsraum und verlegte den Kesselschwerpunkt nach vorn, so eine Überlastung der Schleppachse vermeidend. Die Heizfläche erreichte das beachtliche Maß von 543 m², zuzüglich 238 m² für den Überhitzer. Zu den weiteren Kesselausrüstungsbestandteilen gehörte ein Gaines-Wall aus Schamottziegeln, eine von Wasserrohren getragene



Feuerbrücke, ein Kleinrohrüberhitzer, ein Speisewasservorwärmer und natürlich ein Stoker. Bei Versuchsfahrten erreichte man bei 68 km/h und 48 % Füllung eine maximale Kesselleistung von 3665 kW (4980 PS), in Verbindung mit der Dienstmasse von 224,5 t und einer Reibungsmasse von 161 t geeignet für eine Zugkraft von 438 kN (43,8 t). Als Tender diente eine sechssachsige Drehgestellbauart des Vanderbilt-Typs; er faßte 19 t Kohle und 56,5 m³ Wasser und wog damit 130 t; Lok und Tender ergaben einen Gesamtachsstand von 27,9 m und eine Länge über Kupplung von 31,435 m.

Von den unter den Betriebsnummern 9000 bis 9087 eingereihten Lokomotiven gingen die 9055 bis 9062 als 9700 bis 9707 zur Oregon Washington RR & Nav. Comp. und die 9063 bis 9087 als 9500 bis 9514 zur Oregon Short Line; bei beiden Bahnen handelte es sich um Union-Pacific-Tochtergesellschaften. Allerdings mußte die Oregon Washington RR & Nav. Comp. die Maschinen wieder zurückgeben, weil ihre Strecke für die Sechskuppler zu kurvenreich war. Auf der Union Pacific verkehrte die Reihe 9000 zwischen Cheyenne in Wyoming und Ogden in Utah über die Sherman-Berge und durch die Wyoming-Wüste sowohl im schweren Güterzugdienst als auch vor Reisezügen. Dabei ließen sich 3500 t Wagenzugmasse auf 44 km/h bringen.

Als dann im Laufe der Zeit weiterentwickelte (2'C)C2'-Schnellfahrlokomotiven zum Einsatz kamen, die sich zwar in der Zugkraft unter-, in der Geschwindigkeit aber überlegen zeigten und die so eine größere Beförderungsleistung erreichten, wanderten die 2'F1' nach 1936 in den Bergdienst ab. Von ihnen fand der erste der Sechskuppler mit der Betriebs-

nummer 9000 nach 30 Dienstjahren einen Ehrenplatz in Pomona, östlich von Los Angeles.

Die AA 20-1 der sowjetischen Staatsbahn

Nach dem Union-Pacific-Sechskuppler schien eine Größensteigerung nicht mehr möglich zu sein; in der UdSSR sollte jedoch ein Typ entstehen, den man nur noch als gigantisch bezeichnen kann.

Als gegen Ende der 20er Jahre im Eisenbahnverkehr der Sowjetunion ein gewaltiger Aufschwung begann, schlug sich das neben der Beschaffung von im eigenen Land entwickelten 1'E1'-Lokomotiven und dem Kauf von 1'E2'- und 1'E1'-Maschinen in den USA sowie der Erprobung einer britischen Garratt-Lokomotive auch in der Projektierung eines Siebenkupplers nieder, der ohne Überschreitung einer Achsfahrmasse von 20 t eine Zugkraft von 270 kN (27 t) entwickeln sollte. Ab 1931 arbeitete ein Kollektiv junger Ingenieure zunächst an einer 1'G2'; vor dem Bau fuhr eine Studiengruppe nach Deutschland und zur Union Pacific in die USA. Nach ihrer Rückkehr entstand das Projekt mit der Achsfolge 2'G2' neu, und anschließend erhielt das Lugansker Werk den Auftrag über den Bau von zunächst zwei, später aber nur einem Prototyp. Dieser war Ende 1934 fertig und kam im Januar 1935 als AA 20-1 nach Moskau.

Trotz der beachtlichen Abmessungen beließ man es bei einem Zweizylindertriebwerk; es wies an der vierten Kuppelachse angreifende Zylinder von 740 mm Durchmesser bei 810 mm Hub auf, Zapfen- und Lagerbelastungen reduzierte die Tandem-Stangenanordnung, eine Bauart, die aus den USA stammte. Das Laufwerk mit seinen Kuppel-

rädern von 1600 mm Durchmesser und einem Gesamtachsstand von 17,32 m soll noch das Durchfahren von 138-m-Bögen gestattet haben. Dazu wiesen die erste, zweite und siebente Kuppelachse Seitenverschiebbarkeit und die dritte bis fünfte spurkranzlose Räder auf. Beim Rahmen handelte es sich um den ersten Stahlguß-Barrenrahmen des Lugansker Werkes.

Der mit der Union Pacific 2'F1' vergleichbare, für 1,69 MPa (16,9 kp/cm²) Dampfdruck ausgelegte Kessel verfügte als Besonderheit über eine Verbrennungskammer und einen Stoker; die Rostfläche umfaßte 12 m² und die Heizfläche 416 m², zuzüglich 174 m² für den Überhitzer.

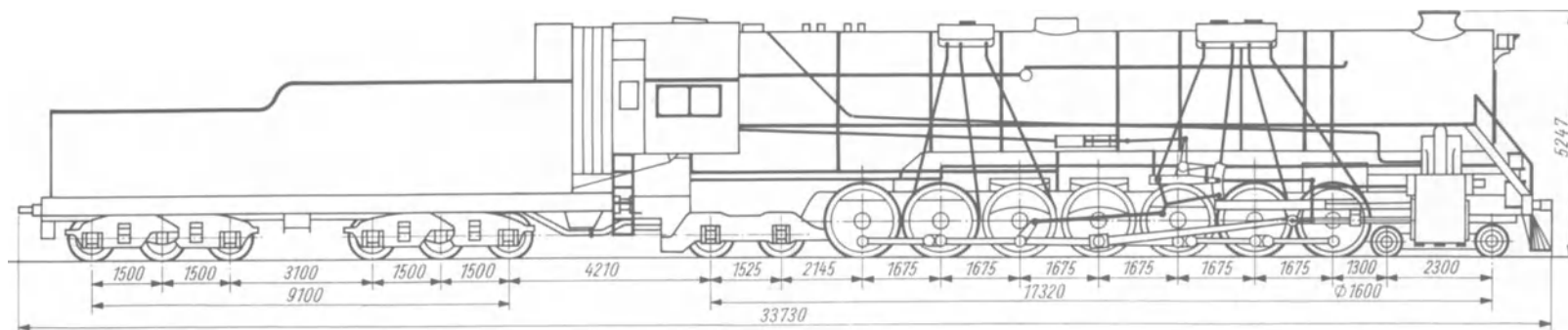
Der 33,73 m lange Koloß brachte es auf eine Dienstmasse von 206 t, die Reibungsmasse belief sich auf 138,9 t, die Anfahrzugkraft auf etwa 320 kN (32 t); der sechssachsige Drehgestellender faßte 52,5 m³ Wasser und 24,5 t Kohle bei 125 t Dienstmasse.

1935 unternahm die AA 20-1 einige Fahrten, die Konstruktionsmängel aufzeigten und zu Gleisbeschädigungen führten; auch entgleiste sie in Weichen. Da inzwischen eine Verstärkung der Strecken auf 23 t Achsfahrmasse anstand, die einen Siebenkuppler unnötig machte, gab man diese bemerkenswerte Lokomotive schließlich auf.

Die 160A-1 der französischen Staatsbahn

Wenn sie auch nicht so imposant wie die Union-Pacific-Sechskuppler und die AA 20-1 ausfiel, so zählte die 160A-1 der französischen Staatsbahn zweifellos zu den technisch bemerkenswertesten Lokomotiven.

Ihre Entstehung verdankte sie *André Chapelon*, Frankreichs berühmtem Lokomotivkonstrukteur. 1936 fertigte er die ersten Ent-



würfe für den Umbau einer 1'E-Maschine der Reihe 6000 in eine der Achsfolge 1'F an. Sein Ziel war neben einer hohen Zugkraft eine solch gute Wirtschaftlichkeit, gekoppelt mit niedrigen Unterhaltungskosten, daß neben seinem neuen Verbundtyp zum einen Lokomotiven mit einfacher Dampfdehnung nicht mehr bestehen konnten und zum anderen ein Übergang zur Dieseltraktion als unattraktiv erscheinen mußte. Um dies zu erreichen, ordnete er um die Zylinder Dampf-mäntel als Teil des Dampfkreislaufes an, um so durch Erwärmung der Zylinderwände Kondensationsverluste zu verhindern. Des weiteren wählte Chapelon Verbundwirkung mit Zwischenüberhitzung zwischen Hoch- und Niederdruckzylinder und Lentz-Ventilsteuerung.

Gute Expansion und hohe Zugkräfte hätten bei wirtschaftlichem Betrieb so große Niederdruckzylinder erfordert, daß diese nicht mehr in die Fahrzeugumgrenzung paßten. Chapelon entschied sich daraufhin für eine Sechszylinderlokomotive mit zwei Hoch- und vier Niederdruckzylindern.

Zwei Hochdruckzylinder von 520 mm Durchmesser und 540 mm Hub befanden sich in Lokmitte zwischen zweiter und dritter Kuppelachse innerhalb des Rahmens, zwei Niederdruckzylinder von 520 mm Durchmesser bei 540 mm Hub saßen vorn zwischen den Rahmenwangen, und zwei weitere lagen in einer Ebene mit ihnen außen; letztere hatten 640 mm Durchmesser bei 650 mm Hub. Die Hochdruckzylinder arbeiteten auf die vierte, die inneren Niederdruckzylinder auf die dritte Kuppelachse.

Das Laufwerk mit seinem Kuppelraddurchmesser von 1400 mm und einem Gesamtachsstand von 10,78 m ermöglichte mittels dreier seitenverschiebbarer und dreier spurkranzgeschwächter Kuppelachsen noch das Durchfahren von 105-m-Bögen.

Bemerkenswert war der für 1,8 MPa (18 kp/cm²) Druck gearbeitete Kessel; der vordere abgetrennte Kesselteil diente analog der Franco-Crosti-Bauart als Rauchgasvorwärmer; auffällig auch der Doppelschornstein der Kylchap-Saugzuganlage. Die Feuerbüchse hatte einen trapezförmigen Rost von 4,13 m² Fläche und eine Nicholsonsche Wasserkammer; die Kesselheizfläche lag bei 218 m², die Überhitzerfläche bei 183 m², da-

von entfielen 72 m² auf den Hochdruck- und 111 m² auf den Niederdrucküberhitzer.

Als im Juni 1940 die zeitraubenden Umbauarbeiten in der Bahnwerkstatt von Tours ihr Ende fanden, stand Frankreich schon mitten im Krieg. Man beeilte sich, die 138 t schwere, mit einem Drehgestellender, der bei 78 t Dienstmasse 38 m³ Wasser und 9 t Kohle aufnahm, gekuppelte 160A-1 in das Betriebswerk Brive zu überführen. Da die Kriegslage keine Lokleerfahrten mehr gestattete, mußte sie dazu sofort ohne vorhergehende Erprobung 1200 t über maximal 1%ige Steigungen bringen. Dann wartete man bessere Zeiten ab, die schließlich 1948 mit umfangreichen Probefahrten begannen. Trotz ihrer kleinen Kuppelräder war die 160A-1 dabei in der Lage, hohe Geschwindigkeiten zu fahren, so daß sie auch vor Schnellzügen lief; als Höchstgeschwindigkeit galten 95 km/h. Sie zog in der Ebene bis zu 1650 t schwere Züge und entwickelte dabei bei 20 km/h bis 32 km/h Dauerzugkräfte von 200 kN (20 t) bis 220 kN (22 t); bei Frischdampfzufuhr in die Niederdruckzylinder stieg dieser Wert auf 360 kN (36 t) an. Den Versuchsfahrten folgte die Erprobung auf dem Rollenprüfstand von Vitry, was sich bis 1950 hinzog.

Insgesamt erbrachte die 160A-1 in Bezug auf Leistung, Wirkungsgrad und Verbrauch gute Ergebnisse, aber auch manche überraschende Erkenntnisse für den Serienbau. Da aber inzwischen schon die Entscheidung zu-

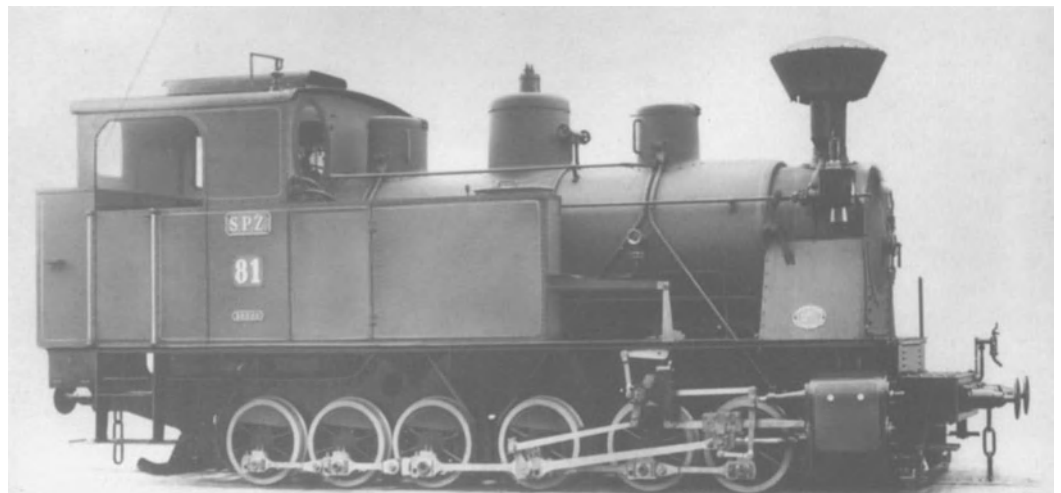
gunsten der Elektro- und Dieseltraktion fiel, kam es dazu nicht mehr. 1955, zwei Jahre, nachdem Chapelon die SNCF verlassen hatte, erfolgte die Verschrottung dieser bemerkenswerten Lokomotive.

Die F-Tenderlokomotive der Strecke Radlovac–Zervanska in Jugoslawien

Neben all den großen Lokomotiven wirkte die 1939 in einem Exemplar von Krauss-Maffei gebaute F-Tendermaschine für Meterspur geradezu winzig. Dieser Sechskuppler sollte auf der Steilstrecke Radlovac–Zervanska in Jugoslawien Leerzüge aus 15 Wagen von je 1,8 t zu einem Steinbruch bringen und 140 t Lademasse zu Tal fahren.

Die technischen Bedingungen verlangten das Durchfahren von 30-m-Kurven, trotz der sehr kleinen Kuppelräder von nur 700 mm Durchmesser eine schwierige Aufgabe, die schließlich durch die Anwendung zweier Beugnot-Gestelle, die jeweils die beiden Endachsen verbanden, lösbar war; die beiden mittleren Achsen hatten Spurkranzschwächung.

Der Krieg verhinderte die Beschaffung einer Reserveeinheit, und nach einer Dienstzeit von mehr als 25 Jahren fiel dieser erfolgreiche kleine Sechskuppler, dessen Masse ein einziger Radsatz der Union Pacific 2'F1' hätte tragen können, in den 60er Jahren der Auflösung des Streckennetzes zum Opfer. Sie steht heute als Denkmal in Orahovica, etwa 50 km nördlich von Slavonski Brod.



Ergänzend hier noch die technischen Daten: Zylinderdurchmesser 320 mm, Hub 350 mm, Achsstand 4,15 m, Kesseldruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 1,2 m², Heizfläche 66 m², Länge über Puffer 8,26 m, Dienstmasse 26,25 t, Zugkraft 57 kN (5,7 t), Höchstgeschwindigkeit 30 km/h, Wasservorrat 2,55 m³, Holzvorrat 2,2 m³.

Abschließend seien schon hier die Zahnradlokomotiven mit sechs Kuppelachsen erwähnt; ihre Behandlung erfolgt im entsprechenden Kapitel.

1.1.2.

Lokomotiven mit Gruppenantrieben

Steifrahmenlokomotiven mit langem Achsstand und großer Achszahl hatten schwere, nur unvollkommen auswuchtbare Triebwerksteile, die hohen Fahrgeschwindigkeiten enge Grenzen setzten. Bei der Aufteilung in zwei Maschinengruppen ermöglichten verringerte Kolbenkräfte leichtere bewegliche Teile und durch die Anwendung von vier Schiebern mit weiten Einström- und Ausströmquerschnitten auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten große Zylinderleistungen und Zugkräfte. Nachteilig wirkte sich das häufige Durchdrehen der beiden unabhängig voneinander arbeitenden Gruppen beim Anfahren aus, ein Problem, das zu seiner Lösung spezieller Vorrichtungen bedurfte.

Die Reihe 600 der französischen Nordbahn

Der Gruppenantrieb verdankte seine Entstehung *Jules Petiet*, dem allen Neuerungen zugeneigten Chefsingenieur der französischen Nordbahn. Für schwere Durchgangsgüterzüge entwarf er ungewöhnliche Steifrahmentenderlokomotiven der Achsfolge CC, von denen 1862 zehn Stück mit den Nrn. 601 bis 610 und weitere zehn 1867 mit den Nrn. 611 bis 620 entstanden.

Petiet ordnete zwei Zylinder an der üblichen Stelle in Rauchkammerhöhe und zwei weitere unter dem Führerstand hinter der letzten Kuppelachse an, als Steuerung diente die Bauart Stephenson. Gleich groß ausgeführt, betrug der Kolbendurchmesser 440 mm bei ebenfalls 440 mm Hub, die Treibstangen griffen an der zweiten und

fünften Achse an, als Kuppelraddurchmesser wählte man 1065 mm, der Gesamtachsstand erreichte 6 m. Zum Durchfahren von Bögen bis herab zu 125 m Halbmesser hatten die Maschinen verschiebbare Endachsen. Versuchsweise stattete man die Nr. 605 mit den wenige Jahre zuvor in Frankreich erfundenen Beugniot-Hebeln aus; in Verbindung mit Spurkranzschwächung der Treibachsräder konnte sie so 80-m-Bögen nehmen. Eigentümlich neben dem Fahrwerk war auch der für 0,9 MPa (9 kp/cm²) Druck ausgelegte Kessel. Wegen des sehr kleinen Dampftraumes benutzte Petiet zur Dampftrocknung eine darüberliegende, durch die Kesselabgase beheizte Trommel, aus der der Dampf zu den Zylindern strömte; der Schornstein lag waagrecht über dem Führerstand. Das Verhältnis von Kesselheizfläche zu Trommelheizfläche war 197 m² zu 22 m², die Rostfläche umschloß 3,3 m². Wegen des ungewöhnlichen Kessels bürgerte sich der Spitzname „Chameau“ (Kamel) für die Petiet-Maschinen ein.

Mit 60 t Dienstmasse einschließlich 8 m³ Wasservorrat und 2,2 t Kohle betrug die Zugkraft bei einer Geschwindigkeit von 38 km/h 40,5 kN (4,05 t), in der Ebene ausreichend für 60 bis 80 der damaligen Wagen. Die Betriebstüchtigkeit dieser Lokomotiven äußerte sich auch in ihren Laufleistungen; während der ersten sechs Monate ihrer Dienstzeit legten die Nrn. 601 bis 610 insgesamt 140 000 km ohne die sonst bei Neukonstruktionen so häufigen Kinderkrankheiten zurück; gegenüber den damaligen D-Loko-

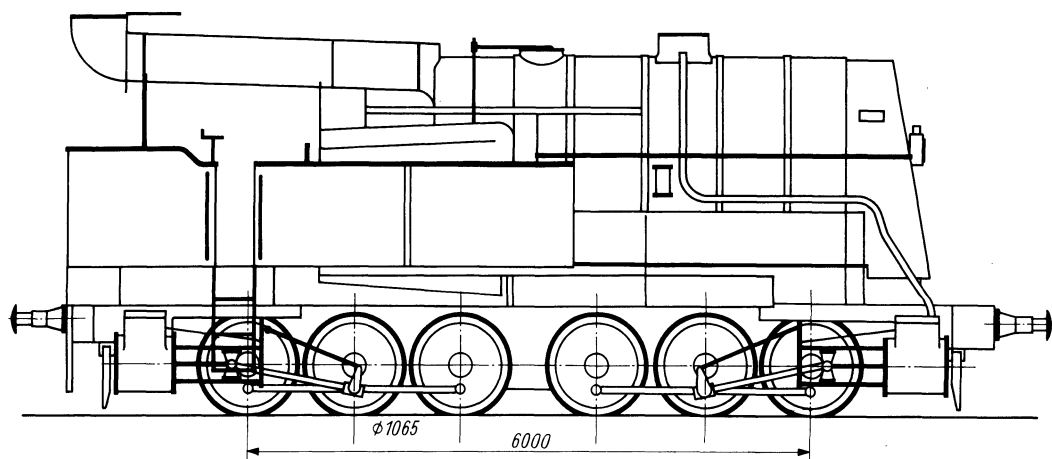
motiven ersparten sie zudem einiges an Kohle.

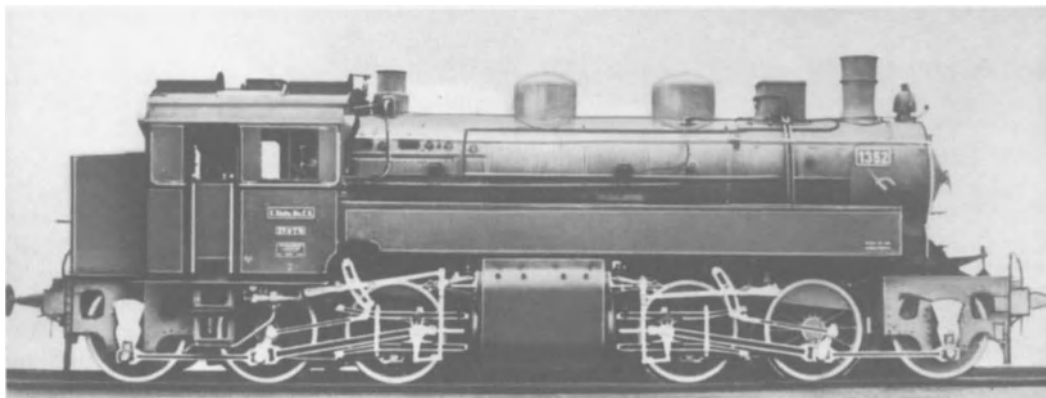
Bei der zweiten Serie steigerte Petiet die Wirksamkeit des Dampftrockners durch eine höhere Abgastemperatur infolge der auf 130 m² verkleinerten Kesselheizfläche; neu auch die Nutzung eines dem Dampftrockner nachgeschalteten Rauchgas-Röhrenspeisewasser-Vorwärmers. Die erste Serie stand bis 1874 unverändert in Dienst. Wegen des Krieges von 1870/71 verzögerte sich aber die Inbetriebnahme der zweiten; zudem schnitt man schon 1873 diese auf und verwandelte sie in C-Tendermaschinen mit Regelkessel. Ab 1874 folgten die restlichen Exemplare; normale Vierkuppler genügten offenbar den Betriebsanforderungen besser als Petiets ungewöhnliche Konstruktion.

Zwei CC-Petiet-Lokomotiven stellte auch die Zaragossa-Alsasua-Bahn in Dienst; nach ihrer Übernahme durch die spanische Nordbahn erhielten sie die Betriebsnummern 801 und 802.

Die Reihe XV der sächsischen Staatsbahn

Das nächste Baumuster einer Lokomotive mit Gruppenantrieb stammte aus Sachsen und zeichnete sich ebenfalls durch Einfallsreichtum und Originalität aus. Als kurz vor Ausbruch des ersten Weltkrieges Bedarf an starken Tenderlokomotiven für den Vorspanndienst auf den Steilrampen des Erzgebirges bestand, entwarf *Robert Lindner* vom maschinentechnischen Büro der sächsischen Staatsbahn auf Anregung von *Ewald Richard Klien* in Zusammenarbeit mit der Lo-





komotivfabrik Hartmann aus Chemnitz die neue Reihe XV als CC-Tendermaschine.

Im Aufbau könnte die XV aus Petiets CC durch Umdrehen der Triebwerke und Einführung der Verbundwirkung entstanden sein, aber die Konzeption stützte sich wohl eher auf das in Sachsen gut bekannte System Meyer. Ganz im Gegensatz dazu besaß die XV zwei identische festgelegte Zweizylinder-Verbundtriebwerke; je zwei Zylinder saßen ganz knapp hintereinander in einer gemeinsamen Verkleidung in Fahrzeugmitte. Lindner entschied sich für Zylinder von 440 mm bzw. 680 mm Durchmesser bei jeweils 630 mm Hub. Auch das Fahrwerk mit seinen 1400 mm großen Kuppelrädern bot Besonderes. Für die erste und letzte Achse kamen Klien-Lindner-Hohlachsen mit einem Seiten-

ausschlag von 37 mm zur Anwendung; die zweite und fünfte Achse lagen fest, und die beiden mittleren erhielten spurkranzgeschwächte Räder. Ungewöhnlich war der Rekordachsstand der Festachsen von 7,5 m und der Gesamtachsstand von 11,1 m; bei 25 mm Spurerweiterung ließen sich damit noch 140-m-Bögen nehmen. Lindner begründete das eigenartige Triebwerk mit der geringen Beanspruchung des Gleises, mit niedrigem Eigenwiderstand und einfachem Massenausgleich; auch konnte man durch die Doppelzylinder auf die sonst bei Vierzylindermaschinen erforderlichen Kropfachsen verzichten.

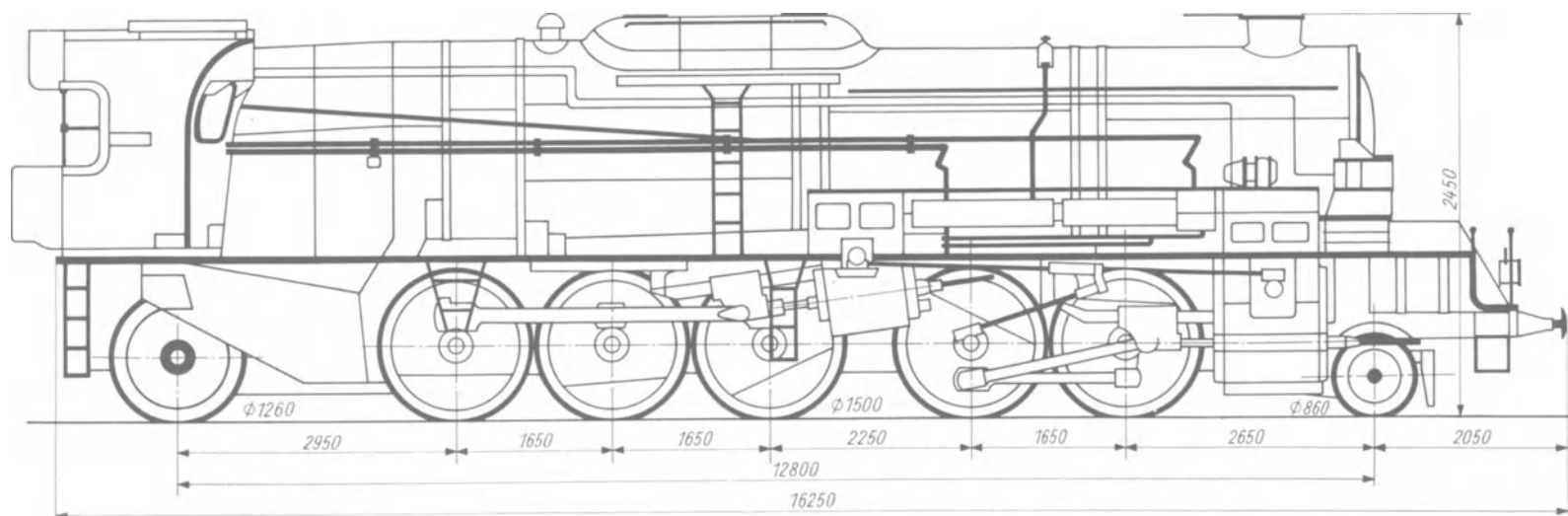
Der an sich normal ausgeführte Kessel fiel bei einem Kesseldruck von 1,5 MPa (15 kp/cm²) mit 2,5 m² Rost-, 127,2 m² Heiz- und

40,9 m² Überhitzerfläche sehr knapp aus; die Klien-Lindner-Achsanordnung mit den schweren Hohlachsen und ihrem äußeren Hilfsrahmen ergab eine Mehrmasse von etwa 5 t, die halt für die Kesselauslegung fehlte.

Bei einer Gesamtlänge von 14,66 m brachte es die XV mit 8,5 m³ Wasser und 2,2 t Kohle auf eine Dienstmasse von 92,2 t, ausreichend für eine Zugkraft von 141 kN (14,1 t), die Höchstgeschwindigkeit betrug 70 km/h. Hartmann lieferte wegen des Krieges die beiden ersten und einzigen Exemplare erst 1916 aus. Sie kamen zunächst, wie vorgesehen, in den Vorspanndienst im Erzgebirge und fielen dort durch ruhigen Lauf angenehm auf. Trotzdem befriedigten sie auf die Dauer nicht; die Unterhaltung der vier Triebwerke und der beiden Hohlachsen war teuer und aufwendig; die Schleuderneigung der unabhängigen Maschinengruppen verhinderte die volle Ausnutzung der Reibungsmasse. So führten die XV ein Schattendasein und wanderten schnell in den Verschleißdienst ab. Die Deutsche Reichsbahn nahm sie noch als 79 001/002 in ihren Nummernplan auf, doch blieben sie nur bis 1928 einsatzfähig.

Die Reihe 151A der PLM

1930 entstand dann in Frankreich eine Anzahl 1'BC1'-Güterzug-Verbundlokomotiven der Reihe 151A, die auf verschiedenen stark



belasteten Strecken der PLM die bisher dort übliche Doppeltraktion überflüssig machen sollten. Zwei schräg angeordnete, auf die letzte Kuppelachse wirkende Hochdruckzylinder mit einem Durchmesser von 490 mm bei 650 mm Hub lagen zwischen den beiden Laufwerksgruppen etwa in Lokmitte, die vorderen Niederdruckzylinder mit einem Durchmesser von 745 mm bei 700 mm Hub griffen an der zweiten Kuppelachse an. Um das bei Gruppenantrieben gefürchtete Schleudern zu vermeiden, verband man beide Maschinengruppen durch zwei innenliegende, nur gering belastete Kuppelstangen. Sämtliche Zylinder wiesen Ventilsteuerung der Bauart Dabeg auf.

Ein Blechrahmen diente als Fahrwerksbasis, der Kuppelraddurchmesser betrug 1500 mm, der Kuppelachsstand 7,2 m, der Gesamtachsstand 12,8 m und die Gesamtlänge der Lok 16,25 m. Bei den beiden Laufachsen handelte es sich um Bisselachsen,

die erste Kuppelachse hatte Seitenverschiebbarkeit, die übrigen lagen fest. Der für 2 MPa (20 kp/cm²) Druck ausgelegte Kessel verfügte über eine Rostfläche von 5 m², eine Heizfläche von 248 m², zuzüglich 92 m² Überhitzerfläche. Außer einer Verbrennungskammer entsprach er dem üblichen Standard.

Als Dienstmasse sind 122 t bekannt, der vierachsige Drehgestellender wog einschließlich 28 m³ Wasser und 7 t Kohle 62 t.

Die N-1 „George H. Emerson“ der Baltimore & Ohio RR Comp.

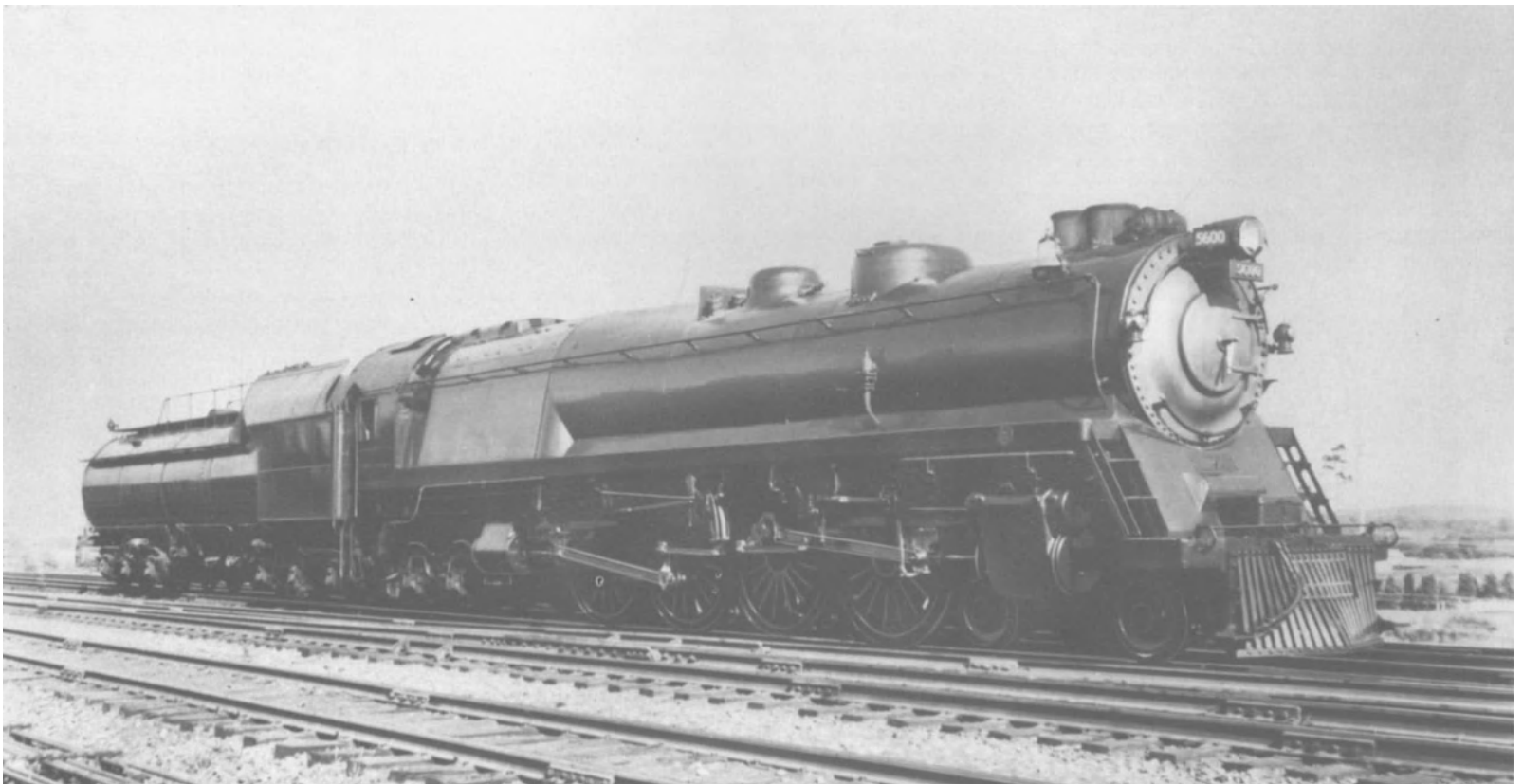
Außerhalb Europas benutzten nur noch zwei Eisenbahngesellschaften in den USA Lokomotiven mit Gruppenantrieb; hier nannte man sie im Gegensatz zu den Gelenklokomotiven der Bauart Mallet „nonarticulateds“, also „nicht gelenkige“ Lokomotiven, oder auch „duplex“-Maschinen.

Der Einsatz der Nonarticulated-Bauart in den

USA beruhte auf einem Vorschlag, den die Firma Baldwin 1932 der Baltimore & Ohio RR Comp., 1935 der Florida East Coast Rv. Comp. und 1936 der New York, New Haven & Hartford RR Comp. unterbreitete und den alle Bahngesellschaften wegen des zu großen festen Achsstandes ablehnten.

Schließlich überwand *George H. Emerson*, der Chefingenieur der Baltimore & Ohio RR Comp., die Schwierigkeiten, indem er die Zylinder der zweiten Maschinengruppe hinter die letzte Kuppelachse verlagerte. So entstand dann in den eigenen Werkstätten die am 3. 6. 1937 in Dienst gestellte 2'BB2'-Lokomotive „George H. Emerson“ der Reihe N-1, Betriebsnummer 5600.

Sie hatte vier Zylinder von 457 mm Durchmesser und 660 mm Hub, der Kuppelraddurchmesser war 1930 mm, der Emerson-Wasserrohrkessel lieferte Dampf unter einem Druck von 2,45 MPa (24,5 kp/cm²); bei einer Dienstmasse von 177,4 t betrug die



höchste Zugkraft 285 kN (28,5 t). Basierend auf modernen Bauprinzipien, verfügte sie über Walschaert-Steuerung, Kraftumsteuerung, Stoker und Speisewasservorwärmer. Die Maschine lief exzellent; so erreichte sie am 31. 10. 1938 mit neun Wagen von 810 t Gesamtzugmasse auf der Strecke zwischen Washington und Baltimore eine Geschwindigkeit von 133 km/h, ein Bild, nur getrübt durch die von den Lokomotivführern gefürchteten schlechten Bremsen und die nie ganz behobenen Lagerprobleme. Erst 1950 wanderte sie in den Schrott.

Die S-1 der Pennsylvania RR Comp.

Nach den befriedigenden Ergebnissen mit der ersten Lokomotive des neuen Typs widmete sich fortan die Pennsylvania RR Comp. als einzige Bahngesellschaft dieser Bauart. Ebenso wie die N-1 blieb auch die 1939 in Zusammenarbeit mit den drei größten Lokomotivbauunternehmen der USA in ihren eigenen Werkstätten in Altoona fertiggestellte 3'BB3'-Lokomotive der Reihe S-1, Betriebsnummer 6100, ein Einzelgänger. Ihre Aufgabe bestand darin, auf der Strecke Harrisburg–Chicago die schwersten Schnellzüge mit Geschwindigkeiten zu befördern, die denen der auf dem elektrifizierten Abschnitt New York–Harrisburg verkehrenden Züge nicht nachstand. Das Leistungsprogramm sah vor, 1200 t Gesamtzugmasse auf eine Geschwindigkeit von 160 km/h zu bringen, wobei 4784 kW (6500 PS) entwickelt werden sollten.

Die S-1 verfügte über vier jeweils vor den Kuppelachsgruppen angeordnete Zylinder von 559 mm Durchmesser bei 660 mm Hub; Rahmen und Zylinder bildeten ein 44,3 t wiegendes Stahlgußstück, das größte bis dahin ausgeführte. Als Kuppelraddurchmesser wählte man 2134 mm; Kolben, Kolbenstange und Kreuzkopf bestanden zwecks Masseersparnis aus hochfestem Stahl. Alle Radsätze, auch die der dreiachsigen Außenrahmendrehgestelle, liefen in Rollenlagern; der Kuppelachsstand erreichte das beachtliche Maß von 8,08 m, der Gesamtachsstand belief sich auf 19,61 m.

Der aus Nickelstahlblechen gebaute, leicht modifizierte Belpaire-Kessel für 2,11 MPa (21,1 kp/cm²) Dampfdruck besaß eine 3 m lange Verbrennungskammer und sieben in

der Feuerbüchse angeordnete Wasseraufwärmehohlräume. Anstelle eines Dampfdomes übernahm ein Dampfsammelrohr dessen Funktion. Mit 12,3 m² Rost- und 526 m² Heizfläche, zuzüglich 194 m² für den Überhitzer, besaß der Kessel beachtliche Abmessungen.

Bei einer Dienstmasse von 275,7 t und einer Reibungsmasse von 125,7 t erzielte die einschließlich Tender 37,72 m lange Lokomotive eine Zugkraft von 345 kN (34,5 t); der achtsichtige Drehgestellender konnte bei 201,7 t Dienstmasse 24 t Kohle und 91 m³ Wasser aufnehmen.

Erwähnenswert ist auch die schnittige Stromlinienverkleidung – eine Abwandlung der erstmals an einer 2'C1'-Lokomotive der Reihe K4s der Bahngesellschaft verwendeten Form.

Nach der Präsentation der S-1 auf der New Yorker Weltausstellung, wo sie auf Rollen stand, die Fahrversuche erlaubten, kam sie in den Schnellzugdienst. Sie lief unter anderem vor dem „Manhattan Ltd.“ und dem „General“. Auf der seit Dezember 1940 befahrenen Strecke zwischen Crestline in Ohio und Chicago legte sie die 450 km mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 104 km/h zurück. Allerdings hatte sie Schwierigkeiten, die westliche Ausfahrtskurve bei der Station Pittsburgh zu nehmen. Zudem neigte sie sehr zum Schleudern; einmal in Gang gekommen, erwies sie sich aber als überaus leistungsfähig, so daß sich 1090-t-Züge leicht mit 160 km/h über die Strecke bringen ließen. Mit der Zeit setzten die Werkstätten auch das Entfernen der Verkleidungsbleche an den Zylindern, dem Triebwerk und den Rädern durch. So gestutzt und nur zehn Jahre alt, kam sie 1949 unter den Schneidbrenner.

Die Reihe T-1 der Pennsylvania RR Comp.

Die Pennsylvania RR Comp. hielt weiter an der Konzeption des Gruppenantriebes fest, jedoch sollte eine neu zu entwerfende Reihe geringere Leistungen und kleinere Abmessungen aufweisen, um so den Erfordernissen des Betriebes besser zu entsprechen.

Die Bahn verlangte die Beförderung von 800-t-Zügen in der Ebene mit 160 km/h, bestand wegen des guten Erfolges an einer K4s auf der Franklin-Ventilsteuerung und wünschte das Durchfahren der 1140 km zwi-

schen Harrisburg und Chicago mit nur einem Bekohlungsaufenthalt. Die auf 225,5 t reduzierte Dienstmasse erlaubte für die T-1 die Achsfolge 2'BB2'. 1942 lieferte Baldwin dann zwei Prototypen mit den Betriebsnummern 6110 und 6111 aus.

Ein Stahlgußrahmen, der auch die 502 mm Durchmesser und 660 mm Hub besitzenden Zylinder einschloß, diente als Fahrwerksbasis. Stahlguß fand auch für die Drehgestelle und den Tenderrahmen Anwendung. Die Kuppelachsen mit ihren 2032 mm großen Baldwin-Scheibenrädern liefen ebenso wie alle anderen Achsen auf Wälzlagern, daselbe gilt für Treib- und Kuppelstangen. Der modifizierte Belpaire-Kessel, ausgelegt für 2,1 MPa (21 kp/cm²) Dampfdruck, verfügte über eine Rostfläche von 8,55 m² sowie 391,8 m² Heizfläche, zuzüglich 156 m² für den Überhitzer.

Bei einer Reibungsmasse von 122 t realisierten die 37,43 m langen T-1 eine Zugkraft von 293 kN (29,3 t); der achtsichtige Drehgestellender konnte bei 196,4 t Dienstmasse 73,8 m³ Wasser und 37,2 t Kohle aufnehmen. Die 6111 verfügte im Schleppgestell über einen Booster, der noch einmal 61 kN (6,1 t) Zugkraftenerhöhung brachte.

Auch bei der T-1 gelang es durch eine stromlinienähnliche Verkleidung, die das Triebwerk weitgehend frei ließ und die zur Masseersparnis viel Aluminium enthielt, einen günstigen Gesamteindruck zu erzielen, so daß der neue Typ auch in der Öffentlichkeit viel Anklang fand.

Die 6110 machte ihre erste Fahrt zwischen Harrisburg und Chicago mit einem 14-Wagen-Zug von rund 910 t Masse. Zwischen Crestline und Fort Wayne ließ sich die Fahrzeit um 20 Minuten unterbieten; bei der Ankunft in Chicago hatte sich dieser Vorsprung nur geringfügig vermindert; die gefahrene Geschwindigkeit bewegte sich fast ständig um 160 km/h. Der zweite Prototyp konnte diese Werte sogar noch leicht überbieten. Nach 200000 km Laufleistung kam die 6110 im April 1944 auf den Teststand in Altoona.

Bei 160 km/h erzielte sie dort eine Zylinderleistung von 3018 kW (4100 PS), die Maximalleistung überschritt die 4416-kW-(6000-PS-)Grenze. Oberhalb 42 km/h schlug die T-1 selbst vierteilige Diesellokomotiven.

Solch hervorragende Versuchsergebnisse berechtigten zur Serienproduktion, die zwischen 1945 und 1946 erfolgte. Dabei fertigte die Bahnwerkstatt Altoona die Lokomotiven 5500 bis 5524, während Baldwin die 5525 bis 5549 herstellte. Im Einsatz mauserten sie sich schnell zur Standardbespannung der Expreßzüge; bald häuften sich aber die Klagen über die Ventilsteuerung, die hohe Wartungskosten verursachte. Versuchsweise erhielt deshalb die 5547 eine Walschaert-Steuerung; für eine generelle Umrüstung aller Lokomotiven fehlten aber die Mittel. Vielfach kam das Personal auch mit der erforderlichen feinfühligsten Bedienung nicht zurecht; infolgedessen wanderten die T-1 nach und nach in leichtere Dienste ab; Anfang der 50er Jahre verschwanden sie dann endgültig.

Die Q-1 der Pennsylvania RR Comp.

Nach der schon recht vielversprechenden T-1 betrieb die Pennsylvania RR Comp. die Entwicklung einer schnellen Güterzuglokomotive, die sowohl bezüglich der Zugkraft als auch hinsichtlich der Leistung Besonderes bieten sollte.

Im Gegensatz zur T-1 blieb die 2'CB2'-Lokomotive der Reihe Q-1 mit der Betriebsnummer 6130, hergestellt 1942 in den Bahnwerkstätten von Altoona, aber ein Einzelgänger. Bei ihr lagen die Zylinder, die wegen der ungleichen Achsaufteilung mit unterschiedlichen Durchmessern von 584 mm bzw. 495 mm und Hüben von 711 mm bzw. 660 mm ausgeführt waren, zwecks Kürzung der Gesamtlänge der Lok in Art der N-1 vor der ersten Kuppelradgruppe und hinter der letzten Kuppelachse unterhalb der Feuerbüchse; diese Bauart behinderte deren Entwicklung nach unten stark. Ungewöhnlich für eine Güterzuglokomotive war auch der Kuppelraddurchmesser von 1956 mm.

Der Kessel entsprach in seinen Abmessungen fast dem der S-1, jedoch lag die Kesselleistung wegen der kleinen Rostfläche von 9,29 m² wesentlich niedriger, auch mußte die sonst übliche Verbrennungskammer entfallen. Den Kesseldruck wählte man wieder zu 2,11 MPa (21,1 kp/cm²).

Bei einer Dienstmasse von 268,8 t standen 161 t als Reibungsmasse zur Verfügung, gut für eine Zugkraft von 371 kN (37,1 t) ohne

und von 422 kN (42,2 t) mit Booster. Der achtsichtige Drehgestellender faßte bei 196,1 t Dienstmasse 72,5 m³ Wasser und 37,5 t Kohle. Wie ihre Vorgänger erhielt die 6130 eine elegante Verkleidung, die aber im späteren Einsatz demontiert wurde.

Erste Versuchsfahrten im Jahre 1942 zeigten bald, daß die geringe Kesselleistung in Verbindung mit dem zu großen Kuppelraddurchmesser und gekoppelt mit steuerungstechnischen Schwierigkeiten eine Verwendung der Q-1 weder im Güter- noch im Reisezugdienst zuließ. Trotzdem blieb die Q-1 einige Jahre im Einsatz vor leichten Güterzügen, bis sie schließlich in aller Stille verschwand.

Die Reihe Q-2 der Pennsylvania RR Comp.

Trotz des Rückschlages mit der Q-1 wollte die Pennsylvania RR Comp. die Nonarticulated-Bauart nicht aufgeben, einmal um den verlorengegangenen guten Ruf ihrer Ingenieure wieder aufzufrischen und zum anderen, weil man sich noch immer viel von den Vorteilen des Gruppenantriebes versprach. So ging man erneut sorgfältig und mit viel Überlegung alle Probleme an.

Der Q-1 folgten 1944/45 somit 26 Maschinen der Reihe Q-2 für den schnellen Güterzugdienst mit der Achsfolge 2'BC2' und den Betriebsnummern 6131 und 6175 bis 6199. Diesmal ordnete man die zweite Zylindergruppe zwischen den 1753 mm großen Kuppelrädern an. Um den Achsstand nicht allzusehr zu vergrößern, kamen die Zylinder weiter nach außen, so daß sie etwas über den Rädern lagen.

Die erste Maschinengruppe hatte Zylinder von 502 mm Durchmesser bei 711 mm Hub, die zweite solche von 603 mm Durchmesser und 737 mm Hub; als Steuerung diente der Walschaert-Typ. Um ein Schleudern zu verhindern, existierte eine Vorrichtung, die mit Ventilkappen in den Dampfeinströmröhren arbeitete und die über einen elektrischen Differentialschalter Druckluft nur in die Bremszylinder der schleudernden Maschine eintreten ließ – ein Mechanismus, der später nicht immer zufriedenstellend arbeitete. Das auf einem Stahlgußrahmen aufgebaute Laufwerk wies einen Kuppelachsstand von 8,04 m und einen Gesamtachsstand von 15,38 m auf; schon selbstverständlich war

die Anwendung von Wälzlagern für alle Achsen.

Der Belpaire-Kessel mit geschweißter Feuerbüchse für 2,11 MPa (21,1 kp/cm²) Dampfdruck verfügte über eine 3,1 m lange Verbrennungskammer und insgesamt neun Quersieder. Als Rostfläche werden 11,3 m², als Heizfläche 624,7 m² und als Überhitzerfläche 271,8 m² genannt.

Mit 280,5 t Dienst- und 178 t Reibungsmasse handelte es sich um große, kräftige Maschinen, die eine Zugkraft von 457 kN (45,7 t) ohne und von 521 kN (52,1 t) mit Booster entwickelten. Der achtsichtige Drehgestellender hatte mit 40 t Kohle und 72 m³ Wasser eine Dienstmasse von 195 t.

Mit der Q-2 erzielte die Pennsylvania RR Comp. endlich den erhofften großen Wurf. Ihre überaus große Leistungsfähigkeit sollte von keiner fünffach gekuppelten Güterzuglokomotive mehr erreicht werden. So leistete die 6175 bei Prüfstandsversuchen beispielsweise in den Zylindern bei 92 km/h 5878 kW (7987 PS); auch technisch befriedigte sie. Das Personal schätzte ihre Leistungsfähigkeit, ihre hohe Einsatzgeschwindigkeit und die gute Dampfentwicklung. Trotzdem mußte die neueste Dampflokomotivreihe der Pennsylvania RR Comp. als erste gehen; ihre Laufbahn blieb extrem kurz. Schon im August 1949 standen die meisten in Crestline umher, während normal ausgeführte 2'D1'-, 1'E2'- und 1'E-Typen bis 1957 Züge beförderten. Die frühzeitige Ausmusterung beruhte auf hohen Wartungskosten, verbunden mit zu großem Kohle- und Wasserverbrauch.

1.1.3.

Lokomotiven mit Einzelachsantrieben

Herkömmliche Dampflokomotiven mit den üblichen Zwei-, Drei- oder Vierzylinderdampfmaschinen, die über Treib- und Kuppelstangen auf die Räder wirkten, hatten einige im Antriebsprinzip begründete Nachteile. So bestand wegen der auf ein gewisses Maß beschränkten Kuppelraddrehzahl und einer vorgegebenen höchsten Kolbengeschwindigkeit eine direkte Abhängigkeit der Höchstgeschwindigkeit vom Raddurchmesser, was bei Lokomotiven mit Höchstgeschwindigkeiten über 150 km/h zu unerträg-

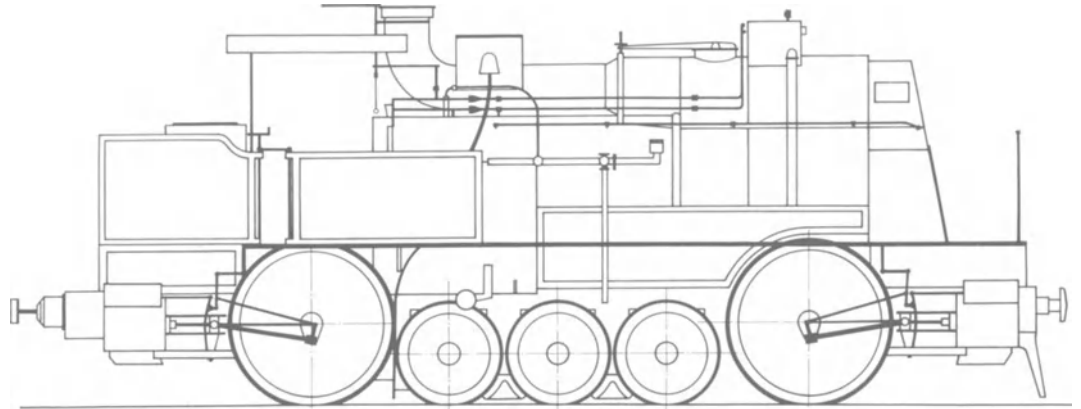
lich großen Rädern und damit verbunden zu einem beachtlichen Achsstand führte. Derart große Radsätze hatten zudem erhebliche Massen; zusammen mit den aus dem Triebwerk stammenden Kräften führte das zu hohen Oberbaubeanspruchungen. Außerdem mußten die gekuppelten Räder einen exakt gleichen Durchmesser haben; Ungleichmäßigkeiten führten leicht zu schwerem Gang. Auch Treib- und Kuppelstangen erforderten genaues Arbeiten. Unbefriedigend blieb ebenfalls die nur unvollkommene Ausnutzung der Reibungsmasse infolge der veränderlichen Umfangskräfte.

Vorteilhafte Lösungen bot der Einzelachsantrieb, der je nach gewählter Bauart auf Kolbendampfmaschinen, Dampfmotoren oder Dampfturbinen basieren konnte und der einige oder alle der obigen Probleme löste. Trotz mancher Vorteile stand man dem Einzelachsantrieb aber weitgehend ablehnend gegenüber. Als Nachteile galten die vierteilige, nicht immer betriebssichere Bauart, die höheren Herstellungs- und Wartungskosten und die manchmal sehr ausgeprägte Schleuderneigung, ein Problem, das wir schon vom Gruppenantrieb her kennen.

Die Petiet-Lokomotiven der französischen Nordbahn

Einzelachsgetriebene Dampflokomotiven sind nicht, wie oft angenommen wird, eine Entwicklungsrichtung aus der Spätzeit der Dampftraktion. Faßt man diesen Begriff sehr weit, so kann man schon die ersten überhaupt gebauten Lokomotiven, die vielfach die Achsfolge 1A und 1A1 hatten, dazu zählen.

Da im Laufe der weiteren Entwicklung Zwei- und Dreikuppler zur Standardausstattung vieler Bahnen zählten, überrascht der Bau von acht A3A-Tenderlokomotiven im Jahre 1862 durch die französische Nordbahn unter Regie des uns schon bekannten Chefingenieurs *Jules Petiet*. Neben der Tatsache, daß Petiet auf Kuppelstangen verzichtete, erstaunt die Lage der Treibachsen als Führungselement. Dadurch und durch den erheblichen Überhang der vier Zylinder der in konventioneller Art ausgeführten Dampfmaschinen mußte der Lauf bei schneller Fahrt sehr unruhig sein. Auffällig auch der Kessel, der in seiner Art denen von Petiets CC-Ma-



schinen entsprach. Technische Daten und Angaben über Einsatz und Bewährung sind nicht mehr greifbar.

Die Webbschen Dreizylinder-Verbundlokomotiven

Ebenfalls zu den einzelachsgetriebenen Dampflokomotiven zählten die Webbschen Dreizylinder-Verbundlokomotiven. *Francis William Webb*, der Lokomotiv-Superintendent der britischen London & North Western Rw., führte 1883 erstmals einen n3v-Entwurf aus, wobei zwei außen liegende Hochdruckzylinder einem mittleren Niederdruckzylinder gegenüberstanden. Dabei arbeiteten die beiden Hochdrucktriebwerke auf die zweite, der Niederdruckzylinder mit etwa dem doppelten Volumen beider Hochdruckzylinder auf die erste Treibachse. Getreu der britischen Tradition der ungekuppelten Schnellzuglokomotive, solche 1A1- und 2'A1-Maschinen standen dort noch bis in den ersten Weltkrieg hinein in Betrieb, verzichtete Webb auf Kuppelstangen.

Dem Prototyp, einer 1'Bo-Lokomotive, gab Webb den Namen „Experiment“. Sie hatte Zylinder von 330 mm bzw. 600 mm Durchmesser bei 610 mm Hub, 2020 mm große Treibräder, einen Kessel für 1,06 MPa (10,6 kp/cm²) Dampfdruck mit 1,59 m² Rost- und 100,5 m² Heizfläche sowie eine Reibungsmasse von 27,5 t.

Im Einsatz gab es mit ihr die zu erwartenden Anfahrschwierigkeiten getrennter Verbundtriebwerke; trotzdem ließ Webb in der Folgezeit seine Bauart mit vergrößerten Abmessungen weiterbauen, zum Schluß sogar

noch als 1'Bo1'-Lokomotive. Einschließlich einiger weniger 2'Bo- und 1'Bo1'-Tenderlokomotiven entstanden innerhalb von 15 Jahren an die 100 Exemplare dieser verfehlten Bauart, an der Webb trotz vieler Klagen festhielt. Manchmal mußten vier Eisenbahner den Zug mit Brechstangen mit anschieben, und bei einer Lieferung mit vereinfachter Niederdrucksteuerung kam es zur Belustigung aller Unbeteiligten gelegentlich vor, daß beim Anfahren die beiden Treibradsätze in verschiedenen Richtungen gegeneinander schleuderten.

Neben dieser Unvollkommenheit hatten die Webbschen Maschinen in den über die Rosthöhe nach unten verlängerten Stehkesseleseitenwänden und dem wassergefüllten Stehkesselboden noch eine weitere Neuerung von zweifelhaftem Wert. Bei späteren Lokomotiven muß man auch die in Langkesselmitte angeordnete Verbrennungskammer als überflüssig betrachten.

Als Webb 1904 zurücktrat, musterte sein Nachfolger alle übriggebliebenen Lokomotiven der Bauart Webb so schnell wie möglich aus. Es spricht allerdings für den Ruf, den Webb als Chefingenieur einer der bedeutendsten britischen Bahnen genoß, wenn man hört, daß auch ausländische Bahnen Probelokomotiven beschafften. Neben der amerikanischen Pennsylvania RR kaufte auch die Österreichisch-Ungarische Eisenbahngesellschaft von der Firma Sharp, Stewart & Co in Manchester eine 1'Bo-Schnellzuglokomotive. Sie bewährte sich aber ebenfalls nicht und belastete mit ihren Anfahrschwierigkeiten den Zugförderdienst in

so unangenehmer Weise, daß sie schnell wieder aus dem Dienst verschwand.

Die 701 der Bauart de Glehn der französischen Nordbahn

Auch *Alfred de Glehn*, dem Chefkonstrukteur der Elsässischen Maschinenbau Gesellschaft in Mühlhausen und Grafenstaden, schwebte ein Einzelachsantrieb vor, als er an einer neuen Schnellzuglokomotive arbeitete, die 1886 als 1'Bo-n4v-Typ das Werk verließ. Die Hochdruckzylinder brachte de Glehn außen an einer Rahmenversteifung zwischen den beiden ersten Achsen an; sie wirkten auf die zweite Treibachse. Unter der Rauchkammer und zwischen den Rahmenwangen lagen die auf die erste Treibachse wirkenden Niederdruckzylinder.

Bekannt sind folgende technische Daten dieser Lokomotive: Zylinderdurchmesser 350/460 mm, Hub 610 mm, Treibraddurchmesser 2110 mm, Kesseldruck 1,1 MPa (11 kp/cm²), Rostfläche 2,27 m², Heizfläche 103 m², Dienstmasse 38 t, Reibungsmasse 27,5 t, Höchstgeschwindigkeit 100 km/h.

Die französische Nordbahn übernahm sie unter der Nummer 701 zur Erprobung in den Schnellzugdienst. Nach drei Betriebsjahren kam sie 1889 zur Weltausstellung nach Paris, wo sie beträchtliches Aufsehen erregte. Aber auch sie neigte sehr zum Schleudern, so daß de Glehn, anders als Webb, in der Folge zu gekuppelten Achsen überging und mit dieser Bauform viele schöne Erfolge erzielen konnte.

Die Heilmann-Lokomotiven der französischen Westbahn

Ende des vorigen Jahrhunderts faszinierten die Elektrizität und der elektrische Bahnbetrieb Laien und Fachleute gleichermaßen. So verwundert es nicht, daß Bestrebungen existierten, die bewährte Dampflokomotive mit dem neuen Traktionsmittel zu verbinden. Erfolg hatte aber lediglich der Elsässer Ingenieur *Jean Jacques Heilmann* mit seinen eigenartigen Do'Do'-Lokomotiven.

1892/93 entstand der mechanische Teil der ersten Heilmann-Lokomotive in den Forges et Chantiers de la Méditerranée in Le Havre, während die Schweizer Firma BBC die elektrische Ausrüstung beisteuerte. Zwei vier-

achsige Drehgestelle mit 1200 mm großen Rädern und den zu jener Zeit bei Elektrolokomotiven gern benutzten Achsmotoren trugen einen Brückenrahmen, der von vorn nach hinten den Führerstand, die Maschinenanlage, den Heizerstand, den Kessel und die seitlich des Kessels befindlichen Vorratsbehälter aufnahm. Äußerlich fiel das fast über die Hälfte des Fahrzeuges gehende Führerhaus auf, das mit Ausnahme des Kessels alle wichtigen Steuer- und Antriebselemente überdachte. Seine Formgebung erinnerte an einen Schiffsbug und zeigte so erste Ansätze einer Stromlinienverkleidung. Eine Zweizylinder-Verbundmaschine in Boxerform mit der sehr selten im Lokomotivbau benutzten Corliss-Drehschiebersteuerung gab ihre Leistung von 590 kW (800 PS) bei 400 U/min an den direktgekuppelten 400-V-Gleichstrom-Hauptgenerator ab. Ein Hilfsaggregat lieferte den Erregerstrom und die Energie für die Zugbeleuchtung. Der mit der Feuerbüchse voranlaufende Lentz-Wellrohrkessel erzeugte Dampf unter einem Druck von 1,26 MPa (12,6 kp/cm²), seine Rostfläche umfaßte 2,25 m², die Heizfläche 145,17 m².

Bei einer Länge von 16,5 m kam die Lok auf eine Dienstmasse von 118 t, nach anderen Quellen sogar auf 130 t, die Höchstgeschwindigkeit betrug 100 km/h, die Vorratsbehälter faßten 10 m³ Wasser und 6 t Kohle.

Nach Fertigstellung des „Fusée“ (Rakete) genannten Fahrzeuges im Herbst 1893 fanden Probefahrten auf der Strecke Le Havre – Beuzeville statt. Dabei fiel es durch hohe Anfahrzugkräfte und hervorragende Laufeigenschaften besonders auf – nachteilig allenfalls die vielfach zu Mißverständnissen führende Trennung von Lokführer und Heizer. Die über etwa 2 000 km Fahrstrecke durchgeführten Versuche zeigten die Brauchbarkeit der Heilmann-Lokomotive und führten dazu, daß die französische Westbahn zwei weitere, leistungsstärkere Einheiten in Auftrag gab.

Im Gesamtaufbau entsprachen diese Maschinen weitgehend der „Fusée“, jedoch kam eine stärkere stehende, einfach wirkende Sechszylinder-Dreifachexpansionsdampfmaschine zur Anwendung. Sie hatte Zylinder von 300/400 mm Durchmesser bei

400 mm Hub und leistete bei 400 U/min 994 kW (1 350 PS). An jedem Maschinenende war je ein 410-kW-Gleichstromgenerator angeflanscht.

Die modifizierten, wieder mit Achsmotoren ausgestatteten Drehgestelle erhielten größere Räder von 1160 mm Durchmesser; ihr Achsstand lag bei 4,1 m, der Gesamtachsstand bei 15,4 m.

Als Dampferzeuger diente diesmal ein normaler Belpaire-Kessel. Er lieferte Naßdampf unter einem Druck von 1,4 MPa (14 kp/cm²), seine Rostfläche war 3,34 m², seine Heizfläche 185,5 m² groß.

Bei einer Länge über Puffer von 18,59 m belief sich die Dienstmasse auf 124 t; für Langstreckenfahrten nahm ein vierachsiger Drehgestellender Wasser und Kohle auf. Einer der Tender erhielt einen durch eine Kabelverbindung von der Lokomotive gespeisten Achsmotor und nutzte so einen Teil der immerhin 70 t betragenden Tenderdienstmasse für die Traktion mit aus.

Im November 1897 begann auf der französischen Westbahn die Erprobung der als Nummer 8001 und 8002 eingeordneten Lokomotiven. Sie beförderten 250-t-Züge mit 100 km/h und erreichten teilweise die damals hohe Geschwindigkeit von 120 km/h. Auch hier zeigten sich beide Heilmann-Lokomotiven von der besten Seite, so daß sich auch Bahnen im Ausland für diese Bauart interessierten. Die dem System eigenen Nachteile, wie die im Vergleich zur Leistung sehr hohe Masse, die aufwendige und teure Herstellung, die hohen Wartungskosten und die erforderliche Bedienung durch Lokführer, Maschinist, Heizer und evtl. noch Heizergehilfen, führten aber dazu, daß ein Weiterbau unterblieb.

Die Paget-Lokomotive der Midland Rw.

1907/08 entstand in der Bahnwerkstatt Derby der Midland Rw. eine 1'C1'-Maschine mit der Betriebsnummer 2299, die zu den eigentümlichsten Lokomotiven der Welt zu zählen ist. Der seinerzeitige Direktor der Bahnwerkstatt, *Cecil Paget*, wurde durch die sehr ruhig laufenden Williams-Dampfmaschinen angeregt, eine ähnliche Bauform auch für den Lokomotivbetrieb zu nutzen. Er setzte sich das Ziel, eine Antriebseinheit für alle Zugarten und Geschwindigkeiten zu

schaffen; weiter wollte er einen neuen Kessel mit großer Verdampfungsleistung und minimalen Wärmeverlusten entwickeln. Paget ließ seine Versuchslokomotive auf eigene Kosten und unabhängig vom leitenden Maschineningenieur der Bahngesellschaft bauen.

Markantestes Merkmal der 2299 waren die beiden einfach wirkenden, waagrecht liegenden Vierzylinder-Gleichstromdampfmaschinen mit ihrem Kolbendurchmesser von 457 mm bei 305 mm Hub. Eine Zylindergruppe befand sich zwischen der ersten und zweiten Treibachse, die andere zwischen zweiter und dritter. Je zwei Zylinder lagen derart zusammen, daß zwei gegenläufige Kolben in demselben Zylinderraum arbeiteten. Wegen der Breite der Zylinderstück erhielt die Lokomotive einen Außenrahmen, alle drei Treibachsen hatten eine Verbindung über Hallsche Kurbeln und Kuppelstangen. Eigentlich stellte dieser Typ keine reine Ausführung des Einzelachsantriebes dar, andererseits läßt der Gesamtaufbau diese Einordnung aber durchaus zu.

Die erste und die dritte Treibachse hatten eine doppelte, die mittlere sogar eine vierfache Kröpfung. Mit der gewählten Triebwerksanordnung erreichte Paget einen vollkommenen Ausgleich der hin- und hergehenden Massen und damit einen exzellenten Lauf. Bemerkenswert auch die Drehschiebersteuerung. Paget wählte Treibräder von 1625 mm Durchmesser, Bisselgestelle für die Laufachsen und einen Achsstand von 9,55 m.

Der Kessel für 1,27 MPa (12,7 kp/cm²) Druck enthielt einen die ganze Fahrzeugbreite in Anspruch nehmenden Rost von 5,13 m² Fläche, Seiten- und Rückwände der Feuerbüchse bestanden aus feuerfesten Steinen, die Heizfläche belief sich auf 187,5 m².

Insgesamt kam die Maschine auf eine Dienstmasse von 75,7 t, davon ruhten 56,6 t auf den Treibrädern; die Höchstgeschwindigkeit wird mit 130 km/h angegeben, der dreiachsige Tender nahm 15,9 m³ Wasser und 7,1 t Kohle auf.

Paget gab für die Herstellung sein ganzes Vermögen aus; die ihm fehlenden 2000 Pfund übernahm die Midland R.W. Bei Probefahrten zeigte die 2299 die erwarteten aus-

gezeichneten Laufeigenschaften, zu einem regelmäßigen Einsatz gelangte sie aber nicht. Im Betrieb konnte die Drehschiebersteuerung nicht dicht gehalten werden; der Kessel erwies sich zwar als sehr verdampfungswillig, jedoch hielten die Steinwände den Erschütterungen auf Dauer nicht stand. Im April 1920 erfolgte dann, nachdem die Lokomotive schon längere Zeit abgestellt war, der Abbruch.

Die Sentinel-Lokomotive der kolumbianischen Staatsbahn

1934 baute die Firma Sentinel aus Shrewsbury in Großbritannien drei Dampflokotiven für die krümmungsreichen und starke Steigungen aufweisenden 1000-mm-Schmalspurstrecken der kolumbianischen Staatsbahn. Völlig abweichend von der klassischen Bauweise handelte es sich um Co'Co'-Drehgestellfahrzeuge.

Auf dem Brückenrahmen saßen von vorn nach hinten der Führerstand, der Kohlebehälter, ein kleiner Wassertank, der Kessel und ein großer Wasserbehälter.

Auf jeder Achse lagerte in Tatzlagerform eine doppelwirkende Zweizylinder-Verbunddampfmaschine mit angeschlossenem Getriebe; ihr Zylinderdurchmesser betrug 108/184 mm bei 159 mm Hub, den Treibraddurchmesser wählte man zu 885 mm, der Achsstand eines Drehgestells belief sich auf

3,265 m, der Gesamtachsstand auf 10,475 m. Die jeweils äußere Drehgestellachse ruhte in einem Deichselgestell, das gegenüber dem Drehgestellrahmen ausschwenken konnte und so das Durchfahren von 80-m-Bögen gestattete.

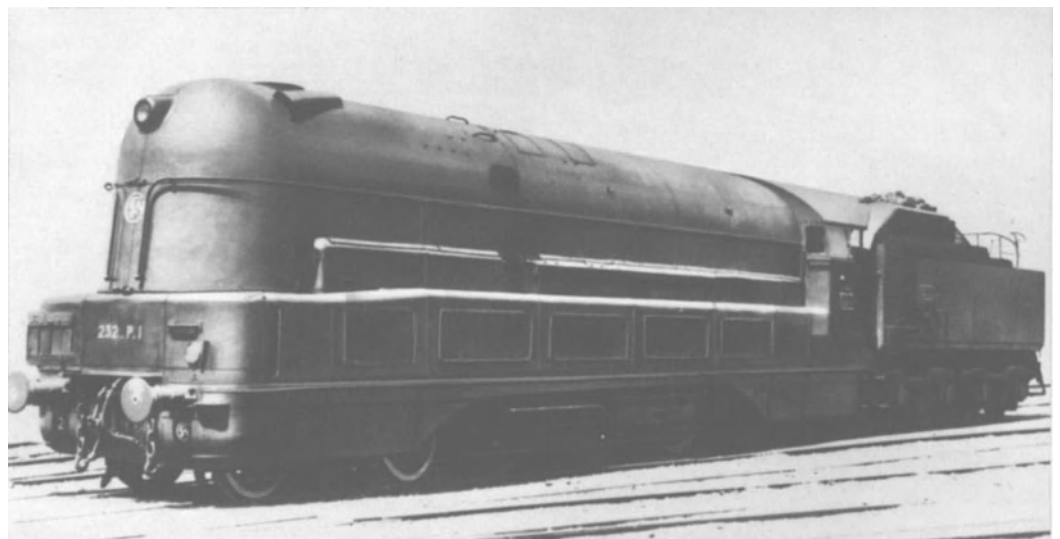
Der Hochdruck-Wasserrohrkessel des Systems Woolnough für 3,85 MPa (38,5 kp/cm²) Dampfdruck bestand aus zwei unteren und einer oberen Wassertrommel; Wasserrohre verbanden sie dreieckförmig. Ein Speisewasservorwärmer und die Aufheizung der Verbrennungsluft, die durch die doppelte Kesselverkleidung strich, sorgten für einen guten Kesselwirkungsgrad. Bekannt sind die Rostfläche von 1,55 m², die Heizfläche von 32 m² und die Überhitzerfläche von 13,5 m².

Bei einer Länge über Kupplung von 13,1 m kam die Maschine auf 55 t Dienstmasse und eine Anfahrzugkraft von 79 kN (7,9 t), die Höchstgeschwindigkeit betrug 40 km/h, die Vorratsbehälter nahmen 5,44 m³ Wasser und 3 t Kohle auf.

Nach der Fertigstellung der ersten Lokomotive lief diese zur Erprobung auf einer belgischen Schmalspurbahn; über den weiteren Einsatz liegen keine Angaben vor.

Die 232.P.1 der französischen Nordbahn

1936 beschloß die französische Nordbahn den Kauf einer 2'Co2'-Schnellzuglokomotive



mit 6-MPa-(60-kp/cm²-)Hochdruckkessel. Eine Arbeitsgemeinschaft, bestehend aus den Lokomotivfabriken Grafenstaden, Five Lille, Schneider Creusot und SLM-Winterthur, übernahm die Fertigung. SLM arbeitete die Konstruktion aus, stellte Patente zur Verfügung und lieferte den Kessel und die Dampfmaschinen.

Sechs doppeltwirkende Drillings-Gleichstromdampfmaschinen mit Ventilsteuerung, die bei einem Zylinderdurchmesser von 150 mm und 255 mm Hub bei 950 U/min je 440 kW (600 PS) leisteten, dienten als Triebquelle. Je zwei der außerhalb des Außenrahmens waagrecht fest mit ihm verbundenen Dampfmaschinen wirkten über im Ölbad laufende Getriebe und SLM-Gelenkkupplungen auf eine der mit 1550 mm großen Rädern versehenen Treibachsen.

Der Kessel setzte sich aus zwei Teilen zusammen, dem vorderen Niederdruck- und dem hinteren Hochdruckkessel. Hauptzweck des der Regelbauart entsprechenden Niederdruckkessels war die Enthärtung des Hochdruckkesselspeisewassers; außerdem lieferte er den Dampf für die Hilfsmaschinen. Eine obere Trommel von 700 mm Durchmesser, die ein System von Wasserrohren und Wasserwänden mit vier Untertrommeln verband, bildete den unter einem Druck von 6 MPa (60 kp/cm²) stehenden Hochdruckkessel. Für den Niederdruckkessel beschränkte man sich auf 2 MPa (20 kp/cm²) Druck, als Rostfläche sind 3,5 m², als

Heizfläche 169,8 m² und als Überhitzerfläche 39,5 m² bekannt. Bei 12,7 m Achsstand kam die Lok auf 126 t Dienst- und 65 t Reibungsmasse; die Tenderdienstmasse belief sich auf 72 t, die Höchstgeschwindigkeit auf 148 km/h.

Die Dampfmotorlokomotiven der ägyptischen Staatsbahn

North British produzierte 1937 vier 1'Bo1'-Reisezuglokomotiven für die ägyptische Staatsbahn, die diese 1938 unter den Betriebsnummern 276 bis 279 übernahm. Als Antrieb dienten je zwei der schon vielfach bewährten und sich durch niedrigen Verbrauch und annehmbare Wartungskosten auszeichnenden Sentinel-Dampfmaschinen. Waagrecht unabgefedert in der Art von Tatzlagermotoren eingebaut, leisteten diese doppeltwirkenden Zweizylinderdampfmaschinen bei 620 U/min je 294 kW (800 PS). Als Dampferzeuger kam ein Regelkessel zur Anwendung; zwei Exemplare hatten Öl-, die anderen Kohlefeuerung.

Im folgenden die wichtigsten technischen Daten: Zylinderdurchmesser 279 mm, Hub 305 mm, Treibraddurchmesser 1136 mm, Achsstand 7,167 m, Kesseldruck 1,42 MPa (14,2 kp/cm²), Rostfläche 1,95 m², Heizfläche 111 m², Überhitzerfläche 27 m², Länge über Puffer 17,202 m, Dienstmasse 57,5 t, Reibungsmasse 32 t, Zugkraft 78,6 kN (7,86 t), Höchstgeschwindigkeit 85 km/h, dreiachsiger Tender mit 44,5 t Dienstmasse, Wasser-

vorrat 16,8 m³, Kohlevorrat 6 t, Heizölvorrat 4,5 m³.

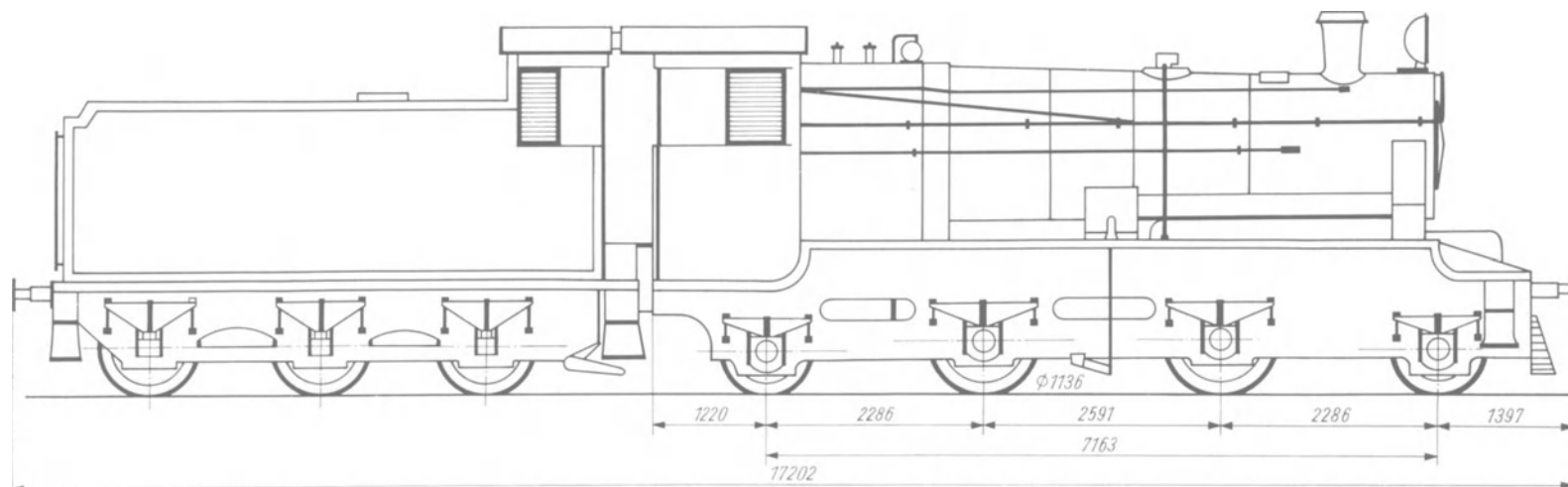
Soweit bekannt ist, standen alle vier Exemplare bis weit nach dem zweiten Weltkrieg im Einsatz, ein konkreter Ausmusterungszeitpunkt ist aber nicht bekannt.

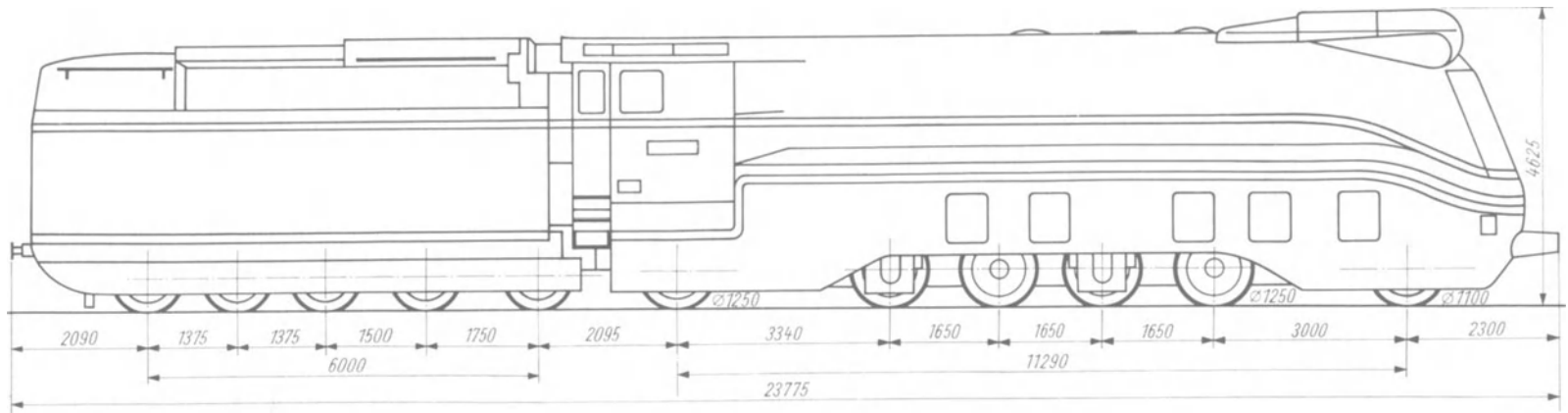
Die 77 1001 der Deutschen Reichsbahn

In den 30er Jahren wollte auch die private Lübeck-Büchener-Eisenbahn den Einzelachs-antrieb erproben. Eine ihrer 1'C-Güterzuglokomotiven mit der Betriebsnummer 71 sollte unter Nutzung von drei Zweizylinder-V-Dampfmaschinen der Firma Henschel in eine 1'Co2'-Stromlinientenderlokomotive verwandelt werden. Während des Umbaus in der Hauptwerkstatt Lübeck kam die Gesellschaft am 1. 1. 1938 zur Deutschen Reichsbahn, die die halbfertige Maschine als 77 1001 übernehmen wollte. Ungünstige Umstände führten immer wieder zu Verzögerungen; der inzwischen ausgebrochene zweite Weltkrieg machte dann allen weiteren Arbeiten ein Ende.

Die 19 1001 der Deutschen Reichsbahn

Schon während des Baues der beiden 2'C2'-Lokomotiven der Reihe 05 dachten die Borsig-Werke, in dem Bestreben, von den 2300 mm großen Kuppelrädern mit ihrer unabgefederten Masse von rund 5 t wegzukommen, an die Entwicklung einer 2'C2'-Tenderlokomotive für 160 km/h Höchstgeschwindigkeit, bei der ein schnellaufender





Dampfmotor mit Zahnradübersetzung und Blindwelle vorgesehen war. Da der Gedanke des Dampfmotors manches für sich hatte, der Borsig-Entwurf aber grundsätzliche Mängel aufwies, forderte die Deutsche Reichsbahn im Sommer 1934 Borsig, Henschel, Krupp und Schwartzkopff auf, Entwürfe für eine Schlepptenderlokomotive mit Gruppen- oder Einzelachs Antrieb vorzulegen. Die Zeitumstände erlaubten es aber nicht, einen der Entwürfe zu realisieren, so daß erst 1937 ein von Henschel vorgestelltes Projekt, das sich durch Einfachheit, Nutzung bekannter Bauelemente und gute Durchbildung auszeichnete, die Billigung der Deutschen Reichsbahn fand. Gemeinsam mit dem Reichsbahn-Zentralamt in Berlin bildete Henschel daraufhin die Konstruktion einer 1'Do1'-Stromlinienlokomotive für eine Höchstgeschwindigkeit von 175 km/h und mit dem Leistungsprogramm der Reihe 01 baureif durch.

Jede Treibachse erhielt als Antrieb einen bei 742 U/min 442 kW (600 PS) leistenden Zweizylinder-V-Dampfmotor mit einem Zylinderdurchmesser von 300 mm bei 300 mm Hub. Der Winkel von 90° zwischen den Zylinderachsen ermöglichte einen guten Massenausgleich der Dampfmotoren, so daß mit hervorragenden Laufeigenschaften zu rechnen war. Die Dampfzufuhr übernahmen Kolbenschieber normaler Bauart; Füllungsänderung und Umsteuerung konnten wie bei einer Regellokomotive vom Führerstand aus mit einer Steuerschraube erfolgen; die Übertragung der Verstellbewegung geschah über Gelenkwellen und Kegelradgetriebe auf die

vier Dampfmotoren; ein druckluftbetriebener Servomotor erleichterte die Bedienung. Die schmale Ausführung erlaubte die Anordnung außerhalb der Radsätze; die Maschinen der ersten und dritten Treibachse befanden sich auf der linken, die der zweiten und vierten auf der rechten Lokseite.

Zwischen Kurbelwelle und Rad glich eine SSW-Pawelka-Gelenkstangenkupplung alle Relativbewegungen aus; ein Getriebe existierte nicht, wohl aber eine öldichte Kapselfung. Trotz der hohen Fahrgeschwindigkeit gestatteten die schnellaufenden Dampfmotoren einen Treibraddurchmesser von nur 1250 mm, so daß die unabgefederte Masse eines Radsatzes nur 2,4 t betrug; zusammen mit dem vorderen Krauss-Helmholtz-Gestell und der hinteren Bisselachse kam man auf 11,29 m Achsstand. Als Achslager an Lauf- und Treibachsen dienten Pendelrollenlager.

Wie alle Einheitslokomotiven der Reichsbahn, so hatte auch die 19 1001 einen Barrenrahmen. Da hier aber die großen Beanspruchungen durch die Kolbenkräfte entfielen, konnten die Rahmenwangen wesentlich schwächer ausfallen.

Der Kessel entstand – unter Verwendung der gleichen Gesenke und unter Berücksichtigung des erhöhten Dampfdruckes von 2 MPa (20 kp/cm²) – aus dem der Reihe 44 unter Verwendung von Molybdänstahl für Lang- und Stehkessel, während die geschweißte Feuerbüchse aus IZ-Stahl bestand. Seine Rostfläche umfaßte 4,55 m², die Heizfläche 240 m² und die Überhitzerfläche 100 m².

Bei 23,77 m Länge über Puffer betrug die Dienstmasse 109,9 t und die Reibungsmasse 75,8 t, gut für eine Zugkraft von 86,4 kN (8,64 t).

Als Tender fand der 2'3T38St Verwendung, der auch hinter der 06 und der 01¹⁰ lief. Sein Kohlefassungsvermögen wurde aber leicht erhöht, um Langstrecken ohne Zwischenhalt durchfahren zu können. Bei 66 t Dienstmasse ließen sich 37,3 m³ Wasser und 10,5 t Kohle unterbringen.

Zur Verminderung des Luftwiderstandes erhielten Lok und Tender eine Stromlinienverkleidung, die der Ausführung der 01¹⁰ entsprach.

Mit Rücksicht auf eine gute Zugänglichkeit der Dampfmotoren verlief sie in deren Bereich über Achsmitte, während sie sonst weit hinabreichte.

Erst Mitte Juni 1941 erfolgte wegen des Krieges und wegen einiger Änderungen, die sich aus Werksprobefahrten ergaben, die Übergabe an die Deutsche Reichsbahn. Die Lok kam zunächst zum Lokomotivversuchsanstalt Grunewald; bei ersten Fahrten ließ die Dampfentwicklung sehr zu wünschen übrig, die Zugkraft war bei hohem Dampfverbrauch außerordentlich gering. Ende Oktober 1941 stellte man dann fest, daß die Steuerung durch Abscheren einiger Keile nicht ordnungsgemäß arbeitete, und erst nach Abschluß der Änderungsarbeiten bei Henschel konnten Ende Mai 1942 die Versuchsfahrten weitergehen. Dabei gelang es auch, durch Kesseländerungen eine befriedigende Dampferzeugung zu garantieren. Im übrigen fanden ausgesprochene Hochge-

schwindigkeitsversuche nicht statt, nur ganz kurzzeitig lief sie mit 180 km/h.

Am 29. 6. 1942 nahm dann die Deutsche Reichsbahn die 191001 ab und setzte sie probeweise vor schweren Schnellzügen ein. Zwei Zugfahrten auf der Strecke Berlin–Frankfurt (Main) und Berlin–Hamburg zeigten das unsichere Anziehen, ein häufiges Schleudern, aber gute Beschleunigung und hervorragende Laufruhe sowie geringen Ölverbrauch und einfache Bedienung.

Nach Abschluß der Versuche im Oktober 1942 blieb die Lokomotive zunächst noch beim Versuchsamt stehen, wo sich bei einer eingehenden Untersuchung herausstellte, daß die Kolbenringe zu einem Großteil fest in den Nuten saßen und so keine Dichtwirkung mehr hatten, so daß über und unter dem Kolben gleichzeitig Druck auftrat. Neue Ringe beseitigten die anstehenden Probleme sofort.

Im Mai 1943 überführte man die 191001 zum Bw Altona in den schweren Schnellzugdienst auf den Strecken nach Berlin und Os nabrück. Dabei kam es zu einigen Defekten, darunter zweimal an der Gelenkkupplung, wodurch am 17. 11. 1943 ein Dampfmotor so beschädigt wurde, daß Henschel einen Ersatzmotor liefern mußte, dessen Anbau am 1. 9. 1944 beendet war. Ab 7. 9. stand sie dann wieder im Schnellzugdienst, aber schon kurze Zeit danach ereignete sich ein neuer Schaden durch Ölmangel.

Bevor eine Entscheidung erging, die Lokomotive während der Kriegsdauer aus dem Verkehr zu ziehen, wurde sie in der Nacht vom 12. zum 13. 10. 1944 bei einem Bombenangriff so schwer an zwei Dampfmotoren beschädigt, daß eine Instandsetzung bei Henschel nötig gewesen wäre, zu der es aber erst nach dem Kriege auf Betreiben der USA-Besatzungsbehörde kam. Nach der Wiederherstellung fand eine Probefahrt von Kassel nach Wabern und zurück statt; anschließend erfolgte die Verschiffung in die USA. Dort interessierte sich die Marine für die Dampfmotoren, zu einem Betriebseinsatz konnte sich aber keine der dortigen Bahnen entschließen. Ihre für USA-Verhältnisse kleine Leistung und der rasch durchgreifende Traktionswechsel verhinderten dies. Nach längerer Abstellzeit im Fort Eustis in Virginia verschrottete man sie 1952.

Mit dieser Lokomotive endete die Entwicklung des Einzelachsantriebes. Nur kurz erwähnt werden sollen die französische 232-Q-1, die Doppellokomotive der Union Pacific, die M-1 der Chesapeake & Ohio und die 2300 der Norfolk & Western, die als Dampfturbinenlokomotiven ebenfalls Einzelachsantrieb hatten; Näheres ist dem entsprechenden Kapitel zu entnehmen.

1.1.4.

Lokomotiven mit Hilfstriebachsen

Die in den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts noch oft eingesetzten einfach gekuppelten Lokomotiven hatten vielfach Schwierigkeiten, die Züge aus den Stationen zu bringen, auf freier Strecke war ein Zweikuppler aber nicht unbedingt erforderlich.

Richard von Helmholtz, damals leitender Ingenieur bei Krauss in München, schlug deshalb die Nutzung einer nur für den Anfahrvorgang auf der Schiene laufenden Hilfstriebachse vor. Er erwartete von seiner Konzeption wegen des geringen Laufwiderstandes der Lokomotive nicht unerhebliche Dampfeinsparungen.

Die AA1 der bayrischen Staatsbahn

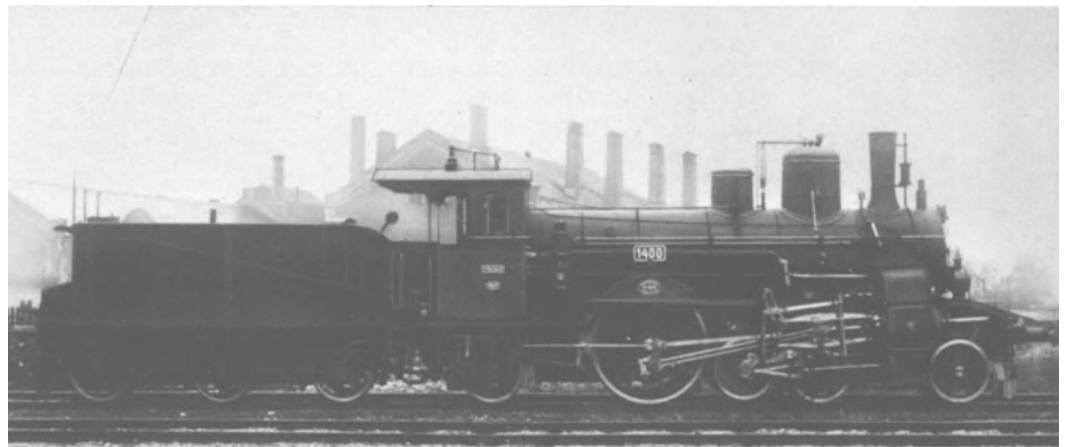
Krauss baute daraufhin, basierend auf der bayrischen BxI, 1896 eine 2'aA1-Schnellzuglokomotive, die die bayrische Staatsbahn dann als Reihe AA1 übernahm. Anstelle der zweiten Kuppelachse sah Helmholtz eine Laufachse vor; die Hilfstriebachse mit

1000 mm großen Rädern befand sich zwischen der zweiten Drehgestell- und der Triebachse. Beim Anfahren drückten Dampfzylinder die Hilfstriebachse gegen die Schiene; damit erhöhte sich die Reibungsmasse von etwa 14 t nochmals um etwa den gleichen Wert; nach Beschleunigungsende zogen Federn die Hilfstriebachse zurück. Deren Dampfmaschine hatte Zylinder von 266 mm Durchmesser und 460 mm Hub und lag unter der Hauptdampfmaschine in Rauchkammerhöhe.

Die Treibachse mit ihren 1860 mm großen Rädern erhielt ihren Antrieb von einem Zweizylinder-Verbundtriebwerk mit 385 mm Durchmesser für den Hochdruck und 610 mm Durchmesser für den Niederdruckzylinder; der Kolbenhub betrug 610 mm.

An weiteren technischen Daten sind bekannt: Gesamtachsstand 7,4 m, Kesseldruck 1,3 MPa (13 kp/cm²), Rostfläche 2,26 m², Heizfläche 94,6 m², Überhitzerfläche 26,9 m², Länge über Puffer 16,57 m, Dienstmasse 51,7 t, Höchstgeschwindigkeit 90 km/h, dreiachsiger Tender für 14,5 m³ Wasser und 6 t Kohle.

Im Einsatz erzielte die AA1 gegenüber der BxI einen um 11 % niedrigeren Kohleverbrauch, erforderte aber zugleich überaus hohe Aufwendungen für die Unterhaltung. Nach einem Unfall baute man sie deshalb 1907 in eine 2'B-Heißdampf-Zwillingsmaschine um; in dieser Form lief sie zunächst als bayrische P^{2/4} und später als 36 861 immerhin noch bis 1933.





Die P3^{II} der bayrischen Pfalzbahn

Im Jahre 1900 wiederholte Krauss seinen Versuch und stellte seine Neuentwicklung auf der Pariser Weltausstellung aus. Wesentlich größer als die AA1, wies sie die Achsfolge 2'aB1' auf. Helmholtz platzierte die Hilfstriebachse diesmal zwischen den beiden weit auseinandergezogenen Drehgestellachsen; der Antrieb erfolgte von einer außen angeordneten Dampfmaschine mit Joy-Steuerung; beide Baugruppen lagen fest im Hauptrahmen.

Ein Innentriebwerk mit Heusinger-Steuerung wirkte auf die Kuppelachsen; ungewöhnlich auch die neben dem Aschkasten gelegenen Yarrow'schen Bobgewichte. Diese von der ersten und über eine Gegenkurbel von der zweiten Kuppelachse bewegten hin- und hergehenden Gewichte sollten den Ausgleich der umlaufenden Massen bewirken, ein Mechanismus, der sich nicht bewährte.

Die technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser des Hilfstriebwerkes 260 mm, Zylinderdurchmesser des Haupttriebwerkes 440/650 mm, Hub des Hilfstriebwerkes 400 mm, Hub des Haupttriebwerkes 660 mm, Treibraddurchmesser des Hilfstriebwerkes 1000 mm, Kuppelraddurchmesser des Haupttriebwerkes 1870 mm, Kesselruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 2,9 m², Heizfläche 191 m², Dienstmasse 60 t, Reibungsmasse 28,2 t + 13,4 t, Zugkraft 104 kN (10,4 t) + 28 kN (2,8 t), Höchstgeschwindigkeit 90 km/h, Wasservorrat 16 m³, Kohlevorrat 5 t.

Die bayrische Pfalzbahn kaufte diese Loko-

motive als P3^{II} an; sie lief hervorragend und erfüllte zunächst alle Erwartungen. Der komplizierte Gesamtaufbau führte allerdings dazu, daß schon nach zwei Jahren ein Umbau in eine reguläre 2'B 1'-Naßdampf-Zweizylinder-Verbundlokomotive mit Innentriebwerk erfolgte; in dieser Form stand sie bis 1925 in Dienst, die geplante Umnummerierung als 14 121 erlebte sie nicht mehr.

1.1.5. Lokomotiven mit Booster

Während Lokomotiven mit Hilfstriebachsen Ausnahmen blieben, konnte sich der aus den USA stammende Booster, der eine modernisierte und vervollkommnete Form der Hilfstriebachse darstellte, in seinem Heimatland ab 1913 weitgehend durchsetzen. Booster bestanden aus einer kleinen, horizontalen, völlig gekapselten Zweizylinderdampfmaschine mit integriertem Getriebe; sie ruhten in Tatzlagerbauart auf der letzten Schlepp- oder einer Tenderachse. Nach dem Anfahrvorgang schaltete eine Automatik bei einer vorgewählten Geschwindigkeit die ganze Einrichtung ab. Bei den Boostern handelte es sich um sehr kompakte Einheiten, die bis zu 220 kW (300 PS) bei Geschwindigkeiten zwischen 15 km/h und 25 km/h leisteten, ihr hoher Dampfverbrauch verlangte allerdings leistungsfähige Kessel, aber darauf legten die Amerikaner ja von jeher großen Wert.

Auf der Lokomotive angeordnete Booster saßen stets, wie schon erwähnt, auf der letzten Schleppachse; die als „auxiliary locomotive“ bekannte Bauart wirkte mittels Kuppel-

stangen auf zwei, manchmal auch auf drei Tenderachsen eines Drehgestells – eine nur für mäßige Geschwindigkeiten brauchbare Lösung. Die Drehgestelle entsprachen dabei weitgehend der bekannten amerikanischen Form mit Schwanenhals und Stahlgußrahmen. Die beiden Zylinder der Dampfmaschine waren entweder wie bei der Franklin-Bauart an einem Ende des Drehgestells überhängend angeordnet oder wie beim Bethlehem-Booster zwischen den Achsen eingebaut. Die Bethlehem Steel Co. spezialisierte sich besonders auf solche Tenderbooster, bei denen die kompakte Antriebseinheit mit fertigmontierten Achsen und Achslagern nur in den Rahmen eingehängt zu werden brauchte. Die Dampfzuführung erfolgte über Gelenkrohre oder Panzerschläuche; den Abdampf leitete man in das Tenderwasser ein.

Die Verbreitung des Boosters beschränkte sich fast ausschließlich auf die USA. In Europa unternahm nur die britische London & North Eastern R. 1925 an einer 1'D1'-Güterzuglokomotive mit der Betr.-Nr. 2393 und 1931 an zwei 2'B1'-Schnellzuglokomotiven der Betr.-Nrn. 727 und 2171 einen entsprechenden Versuch. Letztere erhielten zwischen Lokomotive und Tender ein Jakobs-Drehgestell, das den Booster aufnahm. Beide Maschinen bekamen zudem leistungsfähigere Kessel, um dem erhöhten Dampfverbrauch Rechnung tragen zu können. Da sowohl Booster als auch Jakobs-Drehgestell nicht befriedigten, erfolgte die Ausmusterung schon 1942 bzw. 1943.

Das von den Skoda-Werken Mitte der 30er Jahre entwickelte Boostersystem, das entsprechend amerikanischen Vorbildern die Anordnung im Tenderdrehgestell vorsah und mittels Getriebes, kombinierter Reibungs- und Klauenkupplung sowie mit Kuppelstangen auf zwei Achsen arbeitete, kam lediglich für einige 1'C1'-Maschinen der chinesischen Staatsbahn zur Anwendung.

1.1.6. Lokomotiven mit Triebtender

Im Gegensatz zu Hilfstriebwerken dienten Triebtender der dauernden Zugkrafterhöhung in jedem Geschwindigkeitsbereich. Der überwiegende Teil dieser Fahrzeuge ent-

stand durch Umbauten vorhandener Lokomotiven, indem ausgemusterte ältere Lokomotivgestelle Wasserkästen und Kohlebunker erhielten. Um die Kosten in erträglichen Grenzen zu halten, mußten die vorhandenen Kessel beibehalten oder mit geringem Aufwand auf die neue Betriebsleistung gebracht werden. Deshalb litten viele Triebten-derlokomotiven an Dampf- mangel, auch störte die schwankende Reibungsmasse der Tender, und die gelenkigen Dampfleitungen brachten ebenfalls viele Probleme mit sich.

Erste Versuche mit Triebtendern

Schon 1843/45 liefen in Frankreich Lokomotiven mit B-gekuppelten Triebtendern nach einem Patent der Brüder *Verpilleux*. 1867 folgte eine belgische Bahngesellschaft mit zwei C-Güterzuglokomotiven, die C-Triebten-der der Bauart Urban erhielten. Dabei hatten diese ebenso wie die Lokomotiven innen liegende, auf die mittlere Kuppelachse wirkende Zylinder. Der Abdampf gelangte über

einen auf dem Tender montierten Schornstein unter Wärmeabgabe an das Tenderwasser ins Freie. Beide Maschinen liefen auf einer Steilrampe bei Charleroi, erfuhren aber bald wegen dauernder Schwierigkeiten mit den beweglichen Dampfleitungen eine Umrüstung in normale Lokomotiven.

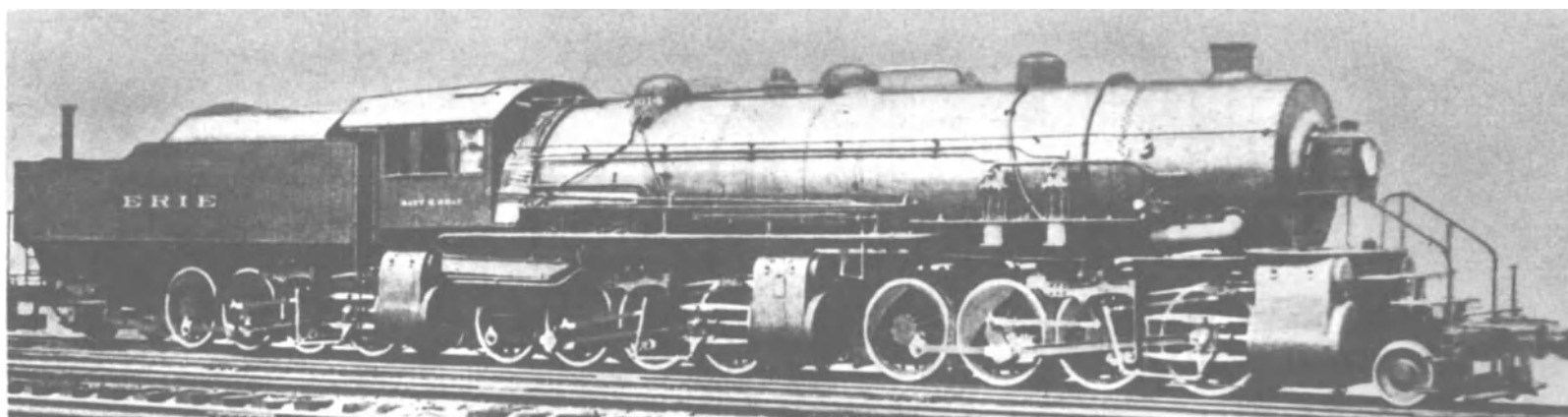
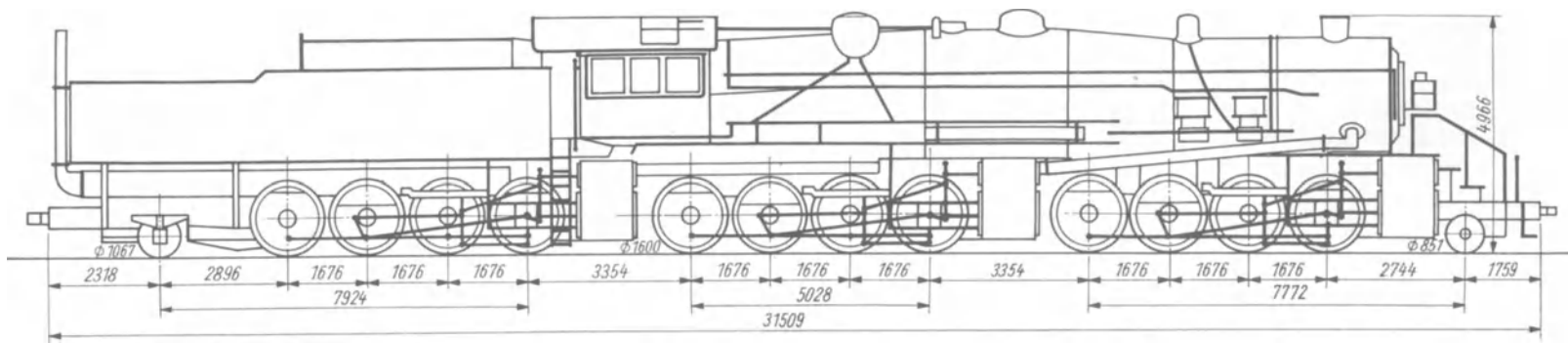
Die Triplex-Lokomotive Reihe P-1 der Erie RR

Im September 1913 bestellte die USA-Bahngesellschaft Erie RR, aufbauend auf dem Patent von *George R. Henderson*, einem beratenden Ingenieur bei Baldwin, die erste sog. Triplex-Lokomotive. Henderson ging davon aus, daß die Dienstmasse einer der üblichen Mallet-Loktender 40 bis 50 % der Lokomotivmasse ausmachte und daß damit noch eine beachtliche, bisher ungenutzte Reibungsmasse zur Verfügung stand.

Baldwin lieferte die (1'D)D+D1'-Maschinen der Reihe P-1 als Mallet-Verbundlokomotiven. Alle sechs Zylinder hatten dieselben Ab-

messungen, den Durchmesser wählte man mit 914 mm, den Hub mit 813 mm, wobei die beiden mittleren Zylinder hochgespannten überhitzten Dampf erhielten. Der Niederdruckdampf speiste die vordere und hintere Zylindergruppe, deren Abdampf in den Schornstein bzw. in den unter dem Tender angeordneten Speisewasservorwärmer gelangte. Zum Anfahren konnten alle drei Zylindergruppen mit Hochdruckdampf arbeiten.

Das Triebwerk griff an 1600 mm großen Kuppelrädern an; trotz eines Gesamtachstandes mit Tender von 27,44 m ließen sich 109-m-Bögen noch gut durchfahren. Erwähnenswert ist noch die Bakersteuerung und die in den USA übliche Kraftumsteuerung. Trotz eines Kessels mit 1,48 MPa (14,8 kp/cm²) Dampfdruck, 8,36 m² Rost-, 640 m² Heiz- und 143 m² Überhitzerfläche entsprach die Kesselleistung nicht dem Dampfbedarf der sechs Zylinder; infolge des Ableitens des Tenderabdampfes in den Speisewasservor-



wärmer mangelte es zudem an Saugzugleistung.

Der Kessel verfügte über eine 1,73 m lange Verbrennungskammer, eine Feuerbrücke, sechs Feuerbüchswasserrohre und einen Street-Stoker. Mit Tender für 37,9 m³ Wasser und 16 t Kohle brachten es die Triplex-Maschinen auf eine Dienstmasse von 383,3 t; davon standen 345 t als Reibungsmasse zur Verfügung.

1914 verließ die erste P-1 mit der Betriebsnummer 5014 und dem Namen „Matt. H. Shay“ die Werkhallen; zwei weitere folgten 1916 mit den Nummern 5015 und 5016. Mit 726 kN (72,6 t) Zugkraft übertrafen sie alle bisher gebauten Lokomotiven; sie konnten 250 beladene Wagen mit einer Zuglänge von 2,6 km und 16250 t Wagenzugmasse über eine im Bogen gelegene 0,9%ige Steigung befördern; im praktischen Einsatz ersetzte eine P-1 drei bis vier der bisherigen Lokomotiven. So standen sie viele Jahre ohne wesentliche Beanstandungen im Dienst, blieben wegen der schon erwähnten Mängel aber trotzdem auf Dauer erfolglos. Zwischen 1929 und 1933 gelangten alle drei zur Ausmusterung.

Die Triplex-Lokomotive der Reihe X-A der Virginian Rw. Comp.

1916 konnte Baldwin noch eine Triplex-Lokomotive mit der Achsfolge (1'D)D+D2' an die Virginian Rw. Comp. als Reihe X-A liefern. Obwohl ein überarbeiteter Kessel mehr Dampf abgab, trat keine wesentliche Besserung ein.

Die Hauptdaten der X-A waren: Zylinderdurchmesser 864 mm, Hub 813 mm, Kuppelraddurchmesser 1422 mm, Gesamtachsstand mit Tender 27,84 m, Kesseldruck 1,5 MPa (15 kp/cm²), Rostfläche 10 m², Heizfläche 679,5 m², Überhitzerfläche 190 m², Dienstmasse 382 t, Reibungsmasse 329,5 t, Zugkraft 958 kN (95,8 t), Wasservorrat 50 m³, Kohlevorrat 12 t.

Eingesetzt als Schublokomotive auf der 22,5 km langen Steigung zwischen Elmore und Clark's Gap, befriedigte sie nicht; schon nach vier Jahren baute man sie in einen (1'D)D-Typ um. In dieser Form blieb sie bis 1936 erhalten.

Die Triebtenderlokomotiven der Southern Rw.

Nicht so bekannt sind die Triebtenderlokomotiven der ebenfalls in den USA beheimateten Southern Rw., die für die 113 km lange Strecke Ashville–Mayne in Carolina leistungsfähige Lokomotiven benötigte. Vorhandene 1'D1'- und 1'E1'-Maschinen erhielten deshalb 1916 in den Bahnwerkstätten in Spencer unter Nutzung ausgemusterter Lokomotivfahrgestelle 1'C1'- und 1'D-Triebtender. Der Abdampf der Tenderdampfmaschine durchlief einen auf dem Tender angeordneten Speisewasservorwärmer. Durch Reduzierung der Kolbendurchmesser beider Dampfmaschinen Gruppen paßte man deren Dampfbedarf an die Leistungsfähigkeit des Kessels an. Im Einsatz belief sich der effektive Leistungsgewinn auf etwa 30 % bei nur unwesentlichem Kohlemehrverbrauch.

Die Poultney-Triebtenderlokomotive der Ravenglass and Eskdale Rw.

Die englische Firma Yorkshire Engine Co. rüstete 1928 eine der 1'D1'-Lokomotiven der Ravenglass and Eskdale Rw., einer 381-mm-Schmalspurbahn, mit Triebtendern des Systems Poultney aus. Über Einsatz und Betriebsbewährung liegen keine Angaben vor. Kurz erwähnt sei der 1'B2'-Dampfturbinen-Triebtender der T38 3255, der im Kapitel über die Dampfturbinenlokomotiven noch gewürdigt wird.

1.1.7.

Lokomotiven mit Brownschen Triebwerken

Bei Lokomotiven mit Brownschen Triebwerken arbeiteten die Kolben nicht direkt über Kolben- und Treibstangen auf die Kuppelräder, sondern ein Zwischenhebel in der Art des Balanciersystems alter Dampfmaschinen bot einige spezielle Vorteile.

Diese bestanden im großen Achsstand infolge der hohen, geschützten Lage der Zylinder über den Rädern, in denen damit bedingten kurzen Ein- und Ausströmhöhen, im guten Massenausgleich der gegenläufigen Triebwerksteile mit nur kleinen Gegengewichten in den Radsternen und in der Lage der Schieber unter den Zylindern, was eine

gute Entwässerung ermöglichte. Nachteilig blieb der kompliziertere Gesamtaufbau mit den damit verbundenen Aufwendungen für Herstellung und Wartung.

Die Brownschen Lokomotiven der Gotthardbahn

Brownsche Triebwerke fanden vielfach für Trambahn- und Zahnradlokomotiven Verwendung; darauf wird in den entsprechenden Kapiteln noch hingewiesen.

Zu den ersten Ausführungen für Normalspur zählten zwei kleine B-Lokomotiven mit nur 2,5 m Achsstand, 26 m² Heizfläche und 15 t Dienstmasse, die die Gotthardbahn 1881 von SLM-Winterthur beschaffte. Das Triebwerk bedingte neben dem Innenrahmen mit integriertem Wasserbehälter für die Lagerung der Zylinder, der Hebel und der Steuerung noch kleine zusätzliche äußere Hilfsrahmen.

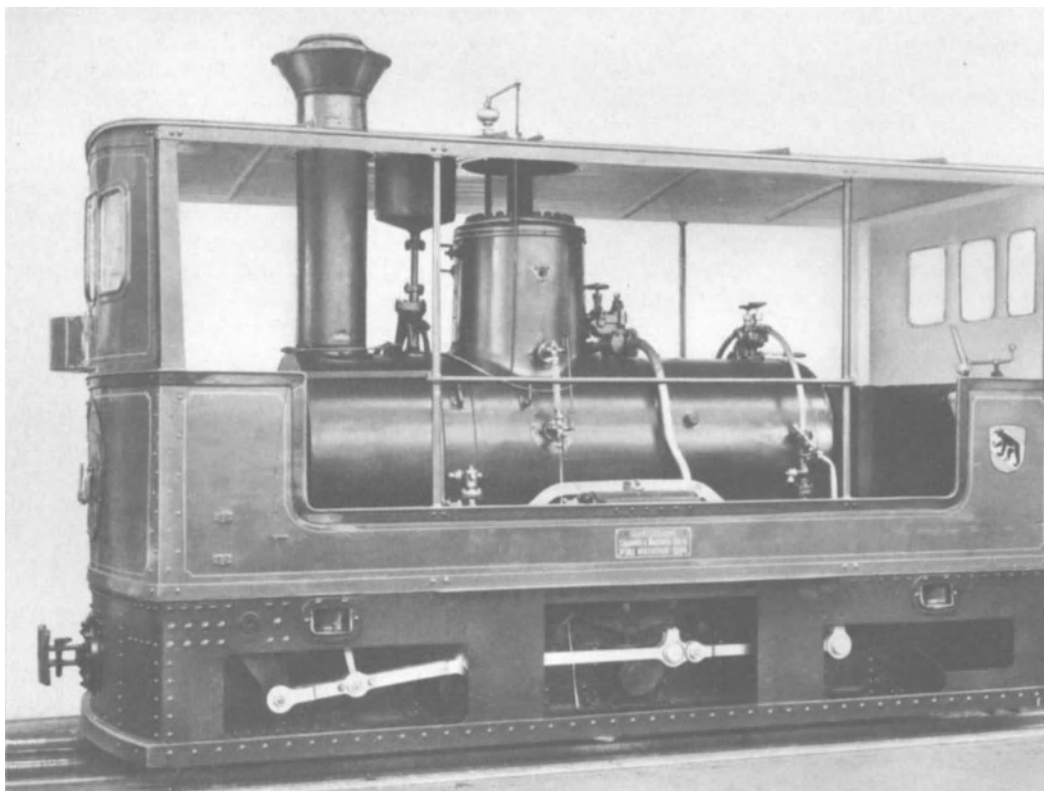
Mit nur einem Mann besetzt, liefen sie zunächst im Nebenbahnbetrieb und ab 1. 1. 1882 im Postverkehr durch den Gotthardtunnel. Anschließend versahen sie Rangieraufgaben und wurden wegen der geringen Leistungsfähigkeit schon um 1890 aus dem Einsatz gezogen. Ähnliche Maschinen liefen im Zeitraum bis zur Jahrhundertwende auch auf anderen Schweizer Bahnen.

Die OP23-01 der sowjetischen Staatsbahn

Für eine große Hauptbahnlokomotive fand das Hebeltriebwerk nur einmal Verwendung, als Ende 1949 das Woroschilowgrader Werk für die sowjetische Staatsbahn eine 1'E2'-Versuchslokomotive mit der Betriebsnummer OP23-01 baute. Die Maschine hatte in Rahmenmitte über den Kuppelrädern angeordnete Zylinder, in denen sich zwei Kolben gegenläufig bewegten. Dieses System ermöglichte einen hervorragenden Massenausgleich mit nur minimalen Achslastschwankungen und eine leichte Rahmenkonstruktion, mußte aber am komplizierten Gesamtaufbau scheitern.

Die technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser 520 mm, Hub 645 mm, Kuppelraddurchmesser 1500 mm, Kesseldruck 1,7 MPa (17 kp/cm²), Rostfläche 8,2 m², Heizfläche 324 m², Überhitzerfläche 184 m², Länge über Kupplung 29,54 m, Dienstmasse 168,1 t, Reibungsmasse 115,4 t, Höchstge-

C-Trambahnlokomotive
mit Brownschem Triebwerk,
die 1894 von SLM-Winterthur nach Bern
geliefert wurde



geschwindigkeit 90 km/h, Wasservorrat
15,6 m³.

1.2. Gelenklokomotiven

1.2.1. Vorgeschichte der Gelenklokomotiven bis zum Semmering-Wettbewerb

Gelenklokomotiven – wir verstehen darunter Lokomotiven mit zwei oder mehreren gegeneinander beweglichen Triebgestellen und daran befestigten Dampfzylindern – entstanden aus dem Bedürfnis heraus, Leistungsfähigkeit und Kurvenläufigkeit miteinander zu verbinden. In den Jahren vor der Jahrhundertwende, als seitenverschiebbare Kuppelachsen nach Gölsdorf noch unbekannt waren, bildeten Gelenklokomotiven oft die einzige Möglichkeit zur Erfüllung der

obigen Aufgabe; aber auch im Zeitraum danach konnten sie sich unter speziellen Einsatzbedingungen bis zum Ende der Dampftraktion halten.

Zwar ermöglichten Gelenklokomotiven die Unterbringung einer größeren Anzahl von Kuppelachsen, doch stellte ihr komplizierter Aufbau stets eine Belastung für den Anwender dar.

Die Geschichte der Gelenklokomotive läßt sich nicht behandeln, ohne den Semmering-Wettbewerb zu besprechen, der in vielfacher Hinsicht bedeutsam für die weitere Entwicklung blieb.

Mitte des vorigen Jahrhunderts machte es die politische und wirtschaftliche Entwicklung des Vielvölkerstaates Österreich-Ungarn notwendig, Wien mit der Hafenstadt Triest zu verbinden, was die Überwindung des Semmering-Massivs bedingte. Schon 1849 hatte sich die Regierung für eine von mehreren Trassen entschieden, ohne über das dazugehörige Betriebsmittel, die Berglo-

komotive, zu verfügen. Dies geschah wohl im Hinblick auf die in Württemberg und Bayern auf kurzen Strecken gemachten günstigen Erfahrungen im Steilrampenbetrieb, aber auch im Vertrauen in den technischen Fortschritt, weist doch die Semmeringbahn 2,5%ige Steigungen und Kurven bis herab zu 190 m Radius auf.

Im Mai 1850 erfolgte die Ausschreibung eines internationalen Wettbewerbes, bei dem 20000 Dukaten für die beste Lokomotive zur Verfügung standen. Das Betriebsprogramm verlangte die Beförderung eines 140-t-Zuges mit 11,4 km/h über 2,5%ige in 190-m-Bögen gelegene Steigungen. Sämtliche Räder der Lokomotive mußten angetrieben sein; weiter durfte die Achsfahrmasse 14 t und der Kesseldruck 0,82 MPa (8,2 kp/cm²) nicht überschreiten; Zutaten im Oberbau, wie eine Mittelschiene mit Zusatzadhäsion, waren nicht ausgeschlossen.

Obwohl die Ausschreibungsbedingungen in vielen Städten Europas, ja sogar in den USA auslagen, meldeten sich nur acht Bewerber, von denen noch die drei britischen und Emil Keßler aus Esslingen zurücktraten, teils, weil die Mittel zur Ausführung der Projekte fehlten, und teils, weil sie die Ausschreibungsbedingungen umgehen wollten. So nahmen an den vom 13. 8. bis 16. 9. 1851 im Bahnhof Payerbach stattfindenden Fahrten nur vier Maschinen teil, die im Gesamtentwurf grundverschieden ausfielen, aber alle ungewöhnliche Lösungen aufwiesen. Keiner von ihnen war aber ein Dauererfolg beschieden.

Die „Bavaria“ von Maffei

Den ersten Preis konnte die „Bavaria“ von Maffei erringen. Sie hatte ein vorderes, hinter den Zylindern gelegenes engachsiges amerikanisches Drehgestell, zwei fest gelagerte Achsen vor und hinter dem Stehkessel und einen dreiachsigen Triebtender, so daß die Achsformel B'B+C lauten muß. Die am Außenrahmen befestigten Außenzylinder von 508 mm Durchmesser bei 769 mm Hub wirkten auf die dritte Kuppelachse; Gliederketten übernahmen die Kraftübertragung auf das Drehgestell und den Tender. Bei 1070 mm Kuppelraddurchmesser kam Maffei auf 11 m Achsstand. Der für 0,7 MPa (7 kp/cm²) Druck ausgelegte Kessel hatte für die damalige Zeit überaus große Abmessun-

gen, die Rost- und Heizflächen maßen 1,8 m² bzw. 158 m², die Dienstmasse betrug 72,45 t, das veränderliche Blasrohr sollte sich zudem als besonders wertvoll erweisen.

Während des allein für die Beurteilung maßgebenden Wettbewerbes zeigte sich die „Bavaria“ in Hinsicht auf Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit von der besten Seite. Da aber eine getrennte Einstellbarkeit der Achsen gegenüber den auf ihnen gelagerten Kettenrädern nicht existierte, verschlissen

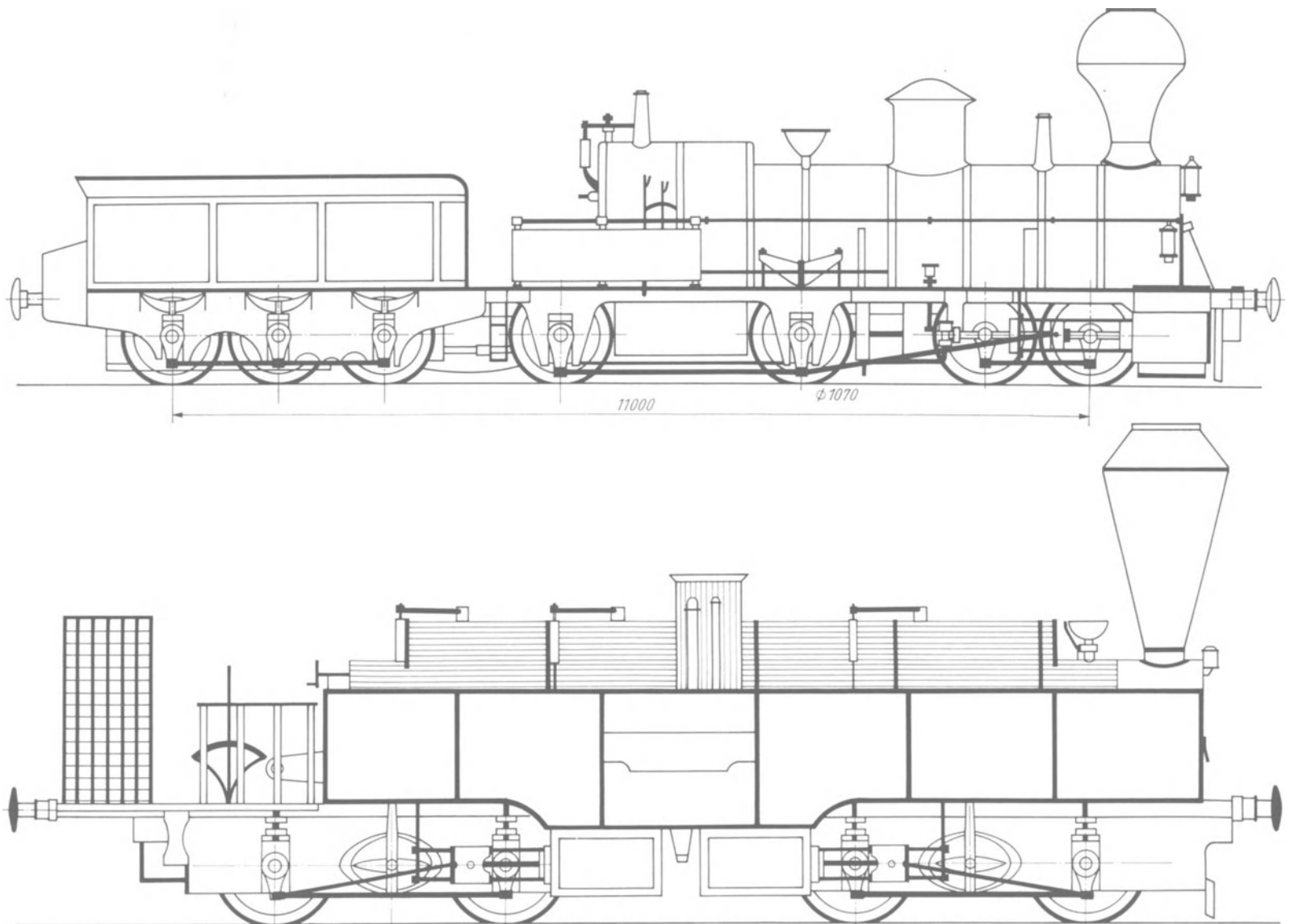
Ketten und Kettenräder bei Bogenfahrten außerordentlich schnell; dies machte gerade diese Maschine zur störanfälligsten und unbrauchbarsten, so daß sie schon im April 1852 aus dem Dienst schied.

Die „Wiener Neustadt“ von Günther

Bei der „Wiener Neustadt“, erbaut von Günther aus Wiener Neustadt, handelte es sich um eine vierachsige, 64 t schwere Tendermaschine, auf zwei Außenrahmendrehgestellen ruhend, jedes von zwei Außenzylin-

dern mit 330 mm Durchmesser bei 632 mm Hub, die sich an den Drehgestellinnenseiten befanden, angetrieben. Der Kessel hatte noch längere Heizrohre als der der „Bavaria“; die Dampfentwicklung befriedigte; die Dampfentnahme erfolgte durch ein siebartiges Rohr, das ebenfalls den Anforderungen gut entsprach. Die Wasserbehälter lagen seitwärts des Kessels; hinter dem offenen Führerstand blieb noch Platz für die Kohlen.

Im Wettbewerb ergab sich ein etwas größe-



rer Dampfverbrauch als bei der „Bavaria“, außerdem befriedigten die gelenkigen Dampfzuführungen in keiner Weise. Auch die Beweglichkeit der Drehgestelle in den Bögen genügte nicht. Die spätere gründliche Durchbildung dieser Bauart führte zu den seit 1868 ausgeführten Meyer-Lokomotiven.

Die „Seraing“ von Laußman

Die „Seraing“, von *Laußman* entworfen und von Cockerill in Seraing in Belgien gebaut, hatte ebenfalls zwei Triebgestelle in Außenrahmenbauart mit an den äußeren Enden untergebrachten Innenzylindern von 422 mm Durchmesser bei 712 mm Hub. Der Doppelkessel, bestehend aus zwei mit den Stehkesselrückwänden zueinander angeordneten Kesseln, hatte zwei von der Seite zu beschickende Feuerbüchsen, aber einen gemeinsamen Wasser- und Dampfraum. Leider fielen die beiden Dampfdomes zu niedrig aus, so daß die jeweils hinten befindliche Maschine auf der Steigung zuviel Wasser in die Zylinder riß. Der Wasservorrat ruhte in seitlichen Behältern auf der Maschine selbst; die Kohlen trug ein zweiachsiger Tender.

Im Brennstoffverbrauch befriedigte die 55,3 t schwere „Seraing“ nicht ganz; die Kurvenbeweglichkeit war gut, die gelenkigen Dampfleitungen ließen sich aber nicht dicht halten. Das hier angewendete Lokomotivsystem bildete die Grundlage für die ab 1869 große Verbreitung findenden Fairlie-Lokomotiven.

Die „Vindobona“ von Haswell

John Haswell, ein in Wien lebender britischer Ingenieur, entwickelte mit der „Vindobona“, gebaut in der Maschinenfabrik der Wien-Gloggnitzer Eisenbahn-Gesellschaft, die vierte Wettbewerberin. Im Ursprungszustand handelte es sich bei ihr um einen Dreikuppler mit Außenzylindern von 479 mm Durchmesser bei 628 mm Hub, jedoch stellte sich schon im Werk eine unzulässige Überlastung der ersten Achse heraus. Da keine Zeit mehr für umfangreiche Änderungen blieb, fügte Haswell in aller Eile einen zusätzlichen Kuppelradsatz zwischen der ersten und zweiten Achse ein, was bei 4,691 m Achsstand und dem sehr kleinen Kuppelrad-

durchmesser von 948 mm leicht möglich war.

Alle vier Achsen lagen fest im Innenrahmen; die letzte befand sich hinter dem Stehkessel, die dritte erhielt spurkranzlose Räder. Der ovale Kessel hatte erstmals Stehbolzen zur Verankerung der Feuerbüchsen an der eben ausgebildeten Stehkesseldecke anstelle der bisher üblichen Barrenanker – ein Verfahren, das später durch Belpaire große Verbreitung fand. Bemerkenswert war auch die Bremsenrichtung, die mittels in die außen liegenden Dampfzylinder angesaugter und dann dort verdichteter Luft wirkte: ein Vorläufer der später bei Gebirgslokomotiven oft genutzten Gegendampf-Bremse.

Während des Wettbewerbes zeigte sich in aller Deutlichkeit die durch den langen festen Achsstand bedingte schlechte Kurvenläufigkeit; die Fahrten mußten schließlich mit ausgehängten Stangen zwischen der dritten und vierten Achse stattfinden. Auch die geringe Dienstmasse von 56 t drängte die Haswellsche Lokomotive in den Hintergrund.

Als einzige kaufte man die „Vindobona“ nicht an. Haswell baute sie noch ein zweites Mal um; er entfernte die Endkuppelachse und schob ein zweiachsiges Gestell mit gegen die Fahrzeugmitte hin gelegenen Drehpunkt unter, so daß eine C2'-Tenderlokomotive entstand.

Trotz dieser unglücklichen Geschichte ging aus der „Vindobona“ später die eigentliche Gebirgslokomotive hervor; allerdings mußte Haswell dazu 1855 alle vier Achsen unter den Langkessel legen und der letzten Seitenverschiebbarkeit geben. Damit entstand mit der „Wien-Raab“ der erste brauchbare Vierkupppler Europas.

1.2.2.

Doppellokomotiven

Die älteste und zugleich einfachste Form der Gelenklokomotive stellte die Doppellokomotive dar, die aus zwei völlig unabhängig voneinander funktionsfähigen Triebfahrzeugen bestand, die lediglich mit den Führerhausrückwänden aneinandergekuppelt waren. In der Regel verband aber eine unter dem Führerhausdach angeordnete Zwischenwelle beide Reglerhebel miteinander. Gleiches

galt auch für die Umsteuerung. Die Bremsen, meist in Wurfhebelbauart, mußten dagegen getrennt bedient werden.

Der größte Vorteil der Doppellokomotive lag gegenüber den anderen Gelenklokomotiven im Fehlen beweglicher Dampfleitungen; der in dieser Tatsache begründete einfache Aufbau sprach ebenfalls für sie. Weiter blieb bei Ausfall einer Triebereinheit nicht die ganze Maschine bewegungsunfähig liegen, auch ließ sich gegenüber der Doppeltraktion Personal einsparen.

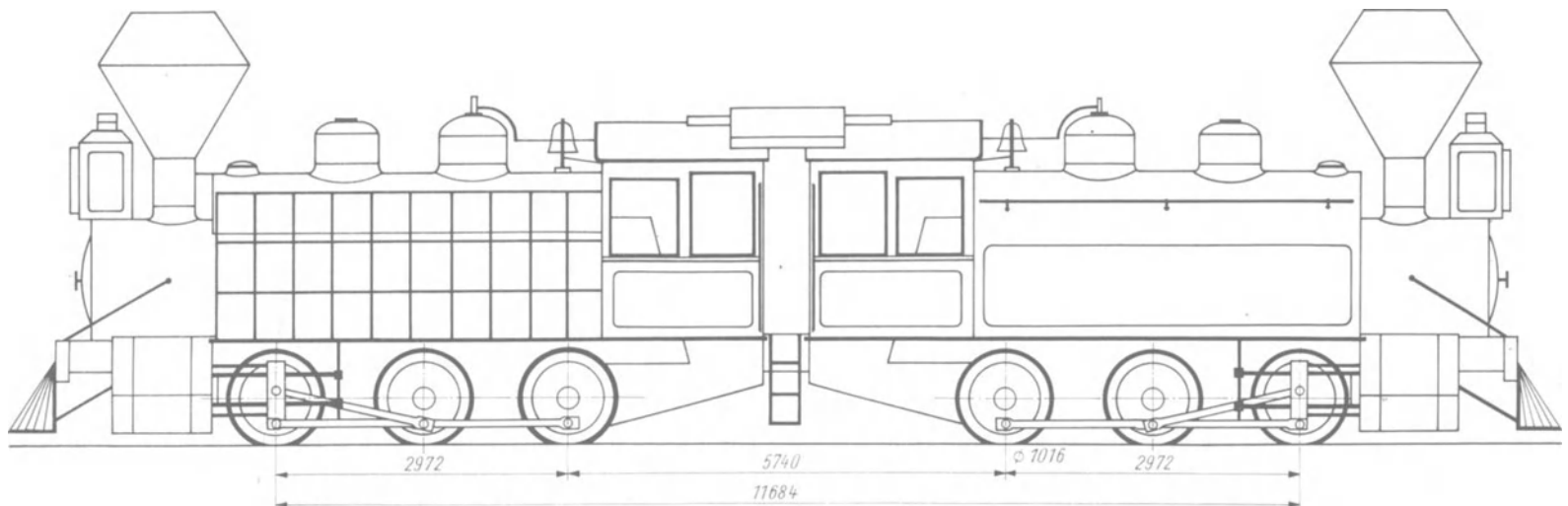
Gegen die Doppellokomotive sprach das ungünstige Verhalten in engen Kurven, denn beide Lokomotivteile hatten das Bestreben, sich auf eine gerade Linie einzustellen, anstatt der Krümmung zu folgen. Ursache dafür war die Zugmasse, die den hinteren Triebwerksteil in diese ungünstige Position zog. Infolgedessen wuchs der Laufwiderstand stark an, verbunden mit erhöhtem Schienen- und Radreifenverschleiß. Nachteilig war auch die ungleiche Dampfentwicklung in den getrennten Kesseln und die damit verknüpfte unterschiedliche Leistungsentfaltung beider Maschinengruppen.

Erste Doppellokomotiven

Die Idee der Doppellokomotive ist, wie schon erwähnt, recht alt; die erste Nutzung erfolgte 1853/54 für die normalspurige Bahn über den italienischen Giovi-Paß, ein Teilstück der Linie Turin–Genua mit 3,57%igen Steigungen und sehr schwachem Oberbau. Vier italienische Ingenieure, *Sures*, *Ruva*, *Grandes* und *Sommeiler*, erhielten dafür die Patente, nach denen John Cockerill aus Seraing in Belgien und Robert Stephenson aus Großbritannien je drei B+B-Satteltank-Maschinen lieferten, die von zwei Führern und einem Heizer bedient wurden. Diese, bezeichnet als „Mastodonts“, befriedigten so sehr, daß in der Folge auch verschiedene C-Typen in derselben Weise zusammen liefen und in dieser Form bis 1861 erhalten blieben.

In enger Anlehnung an die Giovi-Lokomotiven baute E. B. Wilson aus Manchester 1856 solche Doppellokomotiven für die Great India Peninsula R.W., die von Bombay nach Kalyan führte; sie kamen ab 1858 zum Einsatz.

In der Folge erschienen Doppellokomotiven



in vielen Teilen der Welt, zuerst 1869 auf der Transkaukasusbahn in Rußland, 1873 auf der Cornwall Minerals Rw. in Großbritannien, 1875 auf der Cape Rw. in Südafrika, 1883 in Neuseeland und 1890 auf der North Western of India.

Aus Deutschland stammten drei B+B-Maschinen, die Krauss 1882 als Reihe IIa2 an die 760-mm-spurige Bosnisch-Herzegowinische Landesbahn lieferte. Deren gute Bewährung führte zu einer Nachbestellung über weitere fünf Exemplare.

Erwähnenswert ist auch die 1900 von Baldwin für die USA-Bahngesellschaft Mc Cloud River RR gebaute C+C-Lokomotive. Als Besonderheiten sind die halbseitigen Satteltanks, das Vaucrain-Verbundtriebwerk und die Holzfeuerung zu nennen.

Doppellokomotiven in Deutschland

Besonders gern setzte man Doppellokomotiven auf Feldbahnen ein. Um die Jahrhundertwende bauten verschiedene Firmen für die in 600-mm-Spur ausgeführte Heeresfeldbahn eine größere Anzahl C+C-Doppellokomotiven, von denen auch Japan für seine Armee etliche übernahm.

Die kleinen, trotz der schmalen Spurweite mit Innenrahmen ausgeführten Einheiten hatten folgende technische Daten: Zylinderdurchmesser 180 mm, Hub 240 mm, Kuppelraddurchmesser 580 mm, Achsstand je Einzelmaschine 1,3 m, Kesseldruck 1,5 MPa

(15 kp/cm²), 0,42 m² Rost- und 18,1 m² Heizfläche je Einheit, Länge über Puffer 8,42 m, Dienstmasse 15,8 t, Zugkraft 24,2 kN (2,42 t), Leistung 76 kW (100 PS) und Höchstgeschwindigkeit 20 km/h. Für schlechte und leichte Gleise waren diese Lokomotiven sehr geeignet.

In Sachsen entstanden 1913 aus den 750-mm-spurigen Lokomotiven Nummer 1 und 4 der Reihe IK die 61A/B und aus den Nummern 2 und 3, alle vier 1881/82 von Hartmann gebaut, die 62A/B–C+C-Doppellokomotiven der Reihe IIK(neu). Trotz der größeren Spurweite hatten sie Außenrahmen und Antrieb mit Hallschen Kurbeln.

Gemäß den Möglichkeiten fielen die Abmessungen größer aus; so betrug der Zylinderdurchmesser 240 mm bei 380 mm Hub, die Kuppelräder hatten 760 mm Durchmesser, und der Achsstand belief sich auf 1,8 m je Halblok. Die beiden Kessel für 1,2 MPa (12 kp/cm²) Dampfdruck, mit 0,66 m² Rost- und 29,72 m² Heizfläche lieferten genug Dampf, um die 21,6 t schweren IIK(neu) 26,6 kN (2,66 t) Zugkraft entwickeln zu lassen; als indizierte Leistung galten 140 kW (190 PS) und als Höchstgeschwindigkeit 30 km/h. Während die 62A/B ab 1916 wieder getrennt lief, blieb die 61A/B bis 1926 als Doppellokomotive erhalten, die vorgesehene Umnummerierung in 99 7551 geschah aber nicht mehr.

Die Doppellokomotive der belgischen Staatsbahn

Für den Einsatz auf einer langen Steigung bei Lüttich entwickelte 1903 die belgische Staatsbahn unter Verwendung zweier Normalspur-Güterzuglokomotiven der Reihe 25, Achsfolge C, Betriebsnummern 2211 und 2388, die wohl längsten Doppellokomotiven. Da es sich bei den beiden 25ern um Schlepptenderlokomotiven handelte, ließen sich die Vorräte wegen der begrenzten Achsfahrmasse nicht auf der Lokomotive unterbringen. Man entschloß sich deshalb dazu, einen der Tender so umzubauen, daß sich die beiden mit den Führerhausseiten an den Tender gekuppelten Lokomotiven von dem dazwischen laufenden Tender beschicken ließen; diese Lösung erforderte zwei Heizer. Das eigenartige Aussehen mit dem überdachten Tender und die Länge von 25 m führte zum Spitznamen „Corbillard“ (Leichenwagen).

1.2.3. Fairlie-Lokomotiven

Fairlie-Lokomotiven bestanden aus zwei Triebdrehgestellen und einem den Kessel, das Führerhaus und die Vorratsbehälter tragenden Brückenrahmen, wobei sich die Zug- und Stoßvorrichtung an den Triebdrehgestellen befand. Kennzeichnend für die Bau-

art Fairlie war weiter der typische Doppelkessel mit zwei mittleren Feuerbüchsen, aber gemeinsamem Wasser- und Dampfraum, zwei Langkesseln, zwei Rauchkammern und zwei Schornsteinen.

Verglichen mit anderen Gelenklokomotiven, hatte die Fairlie den Vorteil der freien Ausbildung der Feuerbüchsen; dies erlaubte einen guten Luftzutritt und eine günstige Ausbildung des Aschkastens. Allerdings stand dem Heizer nur wenig Platz für seine Arbeit zur Verfügung, und je mehr sich der Kesseldurchmesser dem Begrenzungsprofil näherte, desto schwieriger gestaltete sich seine Arbeit. Stoker ließen sich wegen der Lage der Feuertür nicht benutzen, und es ist kennzeichnend, daß die größten Fairlies Ölfeuerung hatten. Eine weitere Beschränkung lag in den Vorräten, die über oder längs des Kessels lagen; mit wachsenden Kesselmaßen mußten sie zwangsläufig kleiner werden. Ein separater Wasserwagen wäre wohl möglich gewesen, kam aber nur einmal zur Anwendung.

Ebenso blieben der Fairlie-Lokomotive viele Errungenschaften des modernen Lokomotivbaues versagt, darunter Kolbenschieber und Überhitzer. Mit anderen Gelenklokomotiven teilte die Fairlie auch den Nachteil der vielen beweglichen, schwer dicht zu haltenden und kostenaufwendigen Dampfleitungen, nachteilig auch die Abnahme der Reibungsmasse bei Verbrauch der Vorräte und die Schlingeneigung der meist doch recht kurzen Triebgestelle.

Fairlie-Lokomotiven in Europa

Erste Fairlie-Lokomotiven

Im Mai 1863, nach anderen Angaben erst 1864, erhielt *Robert Francis Fairlie*, ein schottischer Eisenbahningenieur und General Manager der Londonderry & Coleraine R.W., ein Patent für die später nach ihm benannte Bauart. Fairlie lehnte sich dabei eng an die „Seraing“ des Semmering-Wettbewerbes an, doch sah seine Patentzeichnung einen über der Feuerbüchse angeordneten Einzelschornstein vor, dem die Rauchgase durch Verbindungsrohre aus den Rauchkammern zuströmen sollten. Jedoch entstand nie eine derartige Fairlie-Lokomotive.

Fairlie verfügte über genug Zähigkeit, sei-

nem System auch Geltung zu verschaffen. Die erste seiner Lokomotiven, die „Progress“, ein 42 t schwerer B'-B'-Typ mit vier 381 mm Durchmesser und 559 mm Hub aufweisenden Zylindern sowie 1372 mm großen Kuppelrädern, entstand 1865 bei Cross & Comp. aus St. Helens in Großbritannien für die Neath & Brecon R.W. in Wales, wo sie 300-t-Züge mit 16 km/h über die 8,8 km lange, 2,1%ige Glenn-Neath-Steigung brachte.

Mit der 1870 von *George England* bei den Hatcham Ironworks in London geschaffenen „Little Wonder“, einer B'-B' für die 597-mm-spurige Festiniog R.W. in North Wales, zeichnete sich dann der Durchbruch ab. Die 21,6 km lange Strecke von Portmadoc nach Blaenau erreicht eine Höhe von 313 m und hat sehr enge Bögen. Mit der „Little Wonder“ ließen sich 72 Wagen mit einer Gesamtzugmasse von rund 200 t und 197,5 m Länge befördern, während die bisherigen Starrachslokomotiven nur 26 Wagen schafften. So fanden die Fahrten breite Beachtung in aller Welt und führten zum Erfolg der Fairlie-Bauart.

Die Fairlie-Lokomotiven der schwedischen Naßjoe-Oscarsholm-Bahn

In Europa fanden Fairlies zunächst auf der schwedischen Naßjoe-Oscarsholm-Bahn Eingang, für die Hawthorn aus New-Castle, Großbritannien, 1869 – nach anderen Angaben erst 1873 – vier B'-B'-Maschinen lieferte. Sie hatten Zylinder von 254 mm Durchmesser bei 457 mm Hub und Kuppelräder von 1067 mm Durchmesser, der Achsstand je

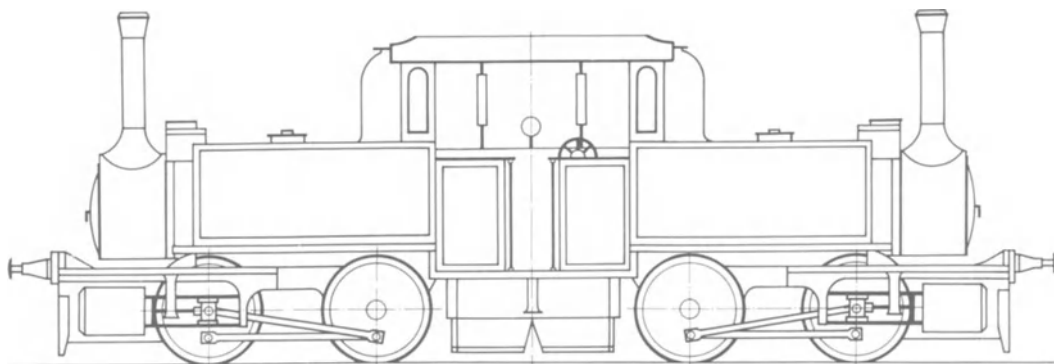
Triebgestell belief sich auf 1,524 m und der Gesamtachsstand auf 5,97 m. Der Kessel hatte einen 0,9 m² großen Rost und 69 m² Heizfläche, die Länge über Puffer betrug 8,99 m; in den Vorratsbehältern fanden 3,9 m³ Wasser und 0,7 t Kohle Platz.

Die Einsatzbeurteilung fiel günstig aus. Als man neben den Fairlies C-Tenderlokomotiven einführte, mußte man die Schienen in den 300-m-Bögen doppelt nageln, was vorher nicht notwendig schien. 1899 sollen dann zwei Lokomotiven verkauft und 1910 die restlichen verschrottet worden sein.

Die Reihe IIK der sächsischen Staatsbahn

Der Verkehr auf der im Jahre 1882 eröffneten 750-mm-spurigen Strecke Hainsberg – Kipsdorf, die Steigungen von 3 % und 50-m-Bögen aufwies, entwickelte sich schon in den ersten Jahren so stark, daß Leistung und Zugkraft der dort eingesetzten C-Tenderlokomotiven der Reihe IK bald nicht mehr ausreichten. Sachsen beschaffte daher 1885 zwei B'-B'-Fairlie-Lokomotiven bei Hawthorn als Reihe FTK, spätere IIK mit den Betriebsnummern 18 und 19.

Obwohl sie vom technischen Standpunkt her keine Besonderheiten boten, rechtfertigt sich für die erste deutsche Fairlie die Aufzählung der technischen Daten: Zylinderdurchmesser 215 mm, Hub 355 mm, Kuppelraddurchmesser 813 mm, Achsstand je Triebgestell 1,372 m, Gesamtachsstand 5,69 m, Kesseldruck 1 MPa (10 kp/cm²), Rostfläche 1,16 m², Heizfläche 57,74 m², Länge über Kupplung 8,484 m, Dienstmasse 28,9 t, Zugkraft 26 kN (2,6 t), Kohlevorrat 0,95 t, Was-



servorrat 2,88 m³, Höchstgeschwindigkeit 30 km/h.

Im Dienst bewährten sie sich recht gut, und sie blieben deshalb trotz der hohen Wartungskosten etwa 25 Jahre erhalten.

Die Reihe IM der sächsischen Staatsbahn

Neben dem 750-mm-Schmalspurnetz betrieb Sachsen auch zwei Meterspurstrecken, darunter die 5,4 km lange Verbindung Reichenbach–Oberheimsdorf. Vom unteren Bahnhof Reichenbach führten die Gleise durch die engen Straßen der Stadt; die Anschlußgleise wiesen teilweise 15-m-Bögen auf. Hier konnten nur Gelenklokomotiven verkehren, die die Sächsische Maschinenfabrik, vormals Hartmann, aus Chemnitz 1902 als Reihe IM mit den Betriebsnummern 251 bis 253 lieferte. Diese Lokomotiven waren in vielfacher Hinsicht bemerkenswert. Abgesehen von den noch zu besprechenden Johnstone-Fairlies, handelte es sich bei ihnen um die einzigen ihrer Art mit Verbundtriebwerken, wobei jedes Triebgestell über einen Hochdruck- und einen Niederdruckzylinder verfügte. Die Streckenführung durch die Straßen ließ es ratsam erscheinen, die Lokomotive teilweise und das Triebwerk ganz zu verkleiden; das Dach lief von vorn bis hinten durch. Zwei offene Führerstände an den Stirnseiten ermöglichten die Bedienung von beiden Fahrzeugenden aus; die Verbindung mit dem mittleren Führerhaus stellten zwei Galerien her, die allerdings die Unterbringung der Vorräte sehr erschwerten. Die Wasserbehälter befanden sich unterhalb der Langkessel zwischen dem Hauptrahmen, die Kohlen lagerten auf der Heizerseite wie üblich seitlich des Kessels; mit 3,2 m³ Wasser und 1,36 t Kohle fielen die Vorräte recht bescheiden aus.

Die größere Spurweite ermöglichte gegenüber der IIK größere Abmessungen, wovon auch die technischen Daten zeugen: Zylinderdurchmesser 280/430 mm, Hub 380 mm, Kuppelraddurchmesser 760 mm, Achsstand je Triebgestell 1,1 m, Gesamtachsstand 7,6 m, Kesseldruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 1,89 m², Heizfläche 79,1 m², Länge über Kupplung 10,48 m, Dienstmasse 41,8 t, Zugkraft 53 kN (5,3 t), Höchstgeschwindigkeit 30 km/h.

Die Deutsche Reichsbahn übernahm die drei

Exemplare als 99 161 bis 99 163; in den 20er Jahren entfiel dann das lange Dach, und die Bedienung war nur noch vom mittleren Führerhaus aus möglich. Im zweiten Weltkrieg ist 1942 die 99 163 auf der Fahrt nach Griechenland verschollen, und die 99 162 blieb nach der Betriebseinstellung 1962 als Museumslokomotive, in den Ursprungszustand rückversetzt, aber nicht betriebsfähig, erhalten. Nach 1962 wanderte die 99 161 in den Schmelzofen.

Die französischen Pechot-Bourdon-Fairlie-Lokomotiven

Die Pechot-Bourdon-Lokomotiven sind die letzten überhaupt gebauten Fairlie-Lokomotiven. Ihre Bezeichnung erhielten sie nach ihren Konstrukteuren *Pechot*, einem Kapitän der Artillerie, und *Bourdon*, einem Zivilingenieur. Ihre Bauart unterschied sich in einigen Details von der normaler Fairlies. So befand sich im Führerhaus ein hoher über der Feuerbüchse angeordneter zentraler Dampfdom, der eine sichere Dampfentnahme auch auf starken Steigungen gestattete. Das Außenrahmenfahrwerk konnte sich dank einem System von Blattfedern und Ausgleichshebeln starken Gleisverwerfungen gut anpassen; eine Federabstützung kompensierte die Masse der überhängenden Zylinder und garantierte so eine gleichmäßige Achsfahrmasse für alle vier Radsätze. Die Verlegung der Dampfströmhöhre und der Brems- und Steuerzüge durch die Drehzapfen ermöglichte schließlich noch das Befahren von 20-m-Bögen. Jede Triebwerksgruppe verfügte aber über einen gesonderten Regler, auf dem Rost ließ sich Kohle und Holz gleichermaßen gut verfeuern. Erwähnenswert ist noch die Walschaert-Steuerung und die Verdunkelungsvorhänge an den Führerständen.

Alle Pechot-Bourdon-Fairlies hatten die Achsfolge B-B' und wiesen folgende technische Daten auf: Zylinderdurchmesser 175 mm, Hub 240 mm, Kuppelraddurchmesser 650 mm, Achsstand je Triebgestell 0,9 m, Gesamtachsstand 3,8 m, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 0,47 m², Heizfläche 26,9 m², Länge über Kupplung 6,12 m, Dienstmasse 12,8 t, Wasservorrat 1,5 m³, Kohlevorrat 0,4 t, Höchstgeschwindigkeit 12 km/h.

Die Pechot-Bourdon-Lokomotiven fanden ausschließlich für die 600-mm-spurigen französischen Feldbahnen Verwendung. Bis 1914 bauten verschiedene französische Firmen 52 Stück, und während des Krieges lieferte Baldwin aus den USA 1915/16 280 Einheiten, die dringend für den Zubringerdienst zwischen den Vollbahnen und der Front benötigt wurden. Über ihr Schicksal ist kaum etwas bekannt, die meisten gingen wohl in den Kriegswirren verloren. 1921 übernahm die japanische Militäreisenbahn noch ein Exemplar von Baldwin zur Erprobung; über einen Nachbau in Japan liegt aber kein Material vor.

Die russischen Fairlie-Lokomotiven

1884 lieferte Kolomensk für die Transkaukasusbahn die ersten russischen Fairlie-Lokomotiven als Reihe H. Es handelte sich dabei um große, kräftige C'C'-Maschinen, gedacht für gebirgige und steigungsreiche Abschnitte.

Ihre Hauptdaten lauteten: Zylinderdurchmesser 381 mm, Hub 560 mm, Kuppelraddurchmesser 1080 mm, Achsstand je Triebgestell 2,44 m, Gesamtachsstand 9,24 m, Kesseldruck 1 MPa (10 kp/cm²), Rostfläche 2,61 m², Heizfläche 156,3 m², Länge über Puffer 13,71 m, Dienstmasse 90,2 t.

Die Reihe H bewährte sich anscheinend gut, denn schon 1887 erschienen die nächsten Fairlies, die in den Folgejahren von verschiedenen Herstellern, darunter auch von der britischen Firma Avonside, mit recht unterschiedlichen Massen und Maßen zur Auslieferung gelangten. 1912 erhielten alle Fairlie-Lokomotiven die Reihenbezeichnung Φ , ein hochgesetzter Index diente der weiteren Unterscheidung, die Betriebsnummern reichten von 9800 bis 9842. Die meisten musterte man zwischen 1924 und 1926 aus, einzelne Exemplare blieben aber noch 10 Jahre länger erhalten.

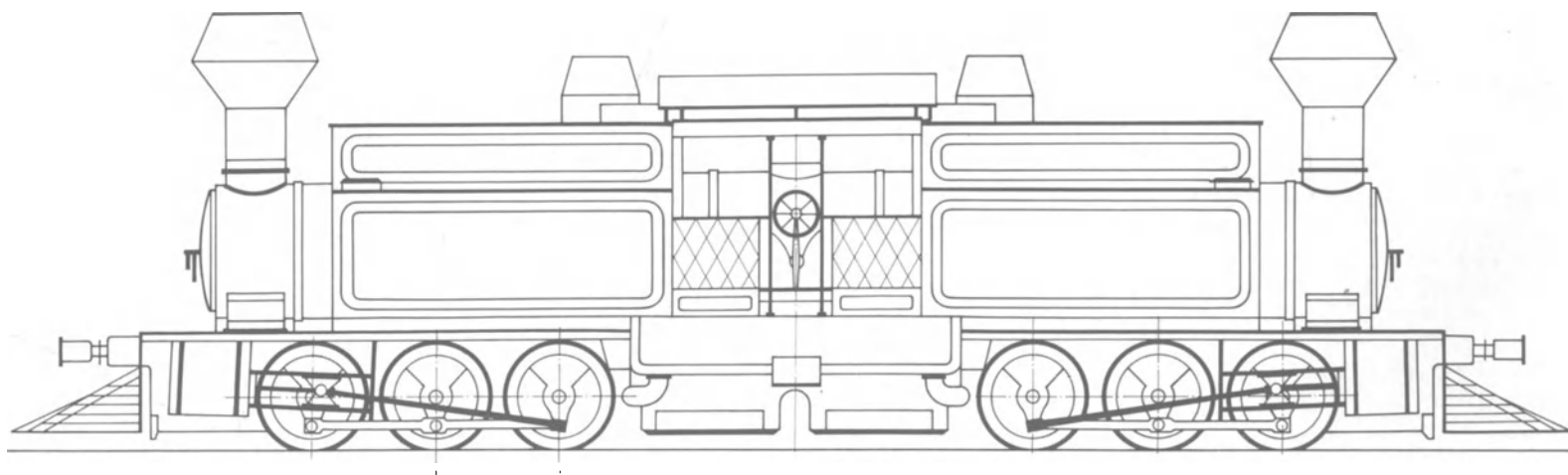
Fairlie-Lokomotiven in Übersee

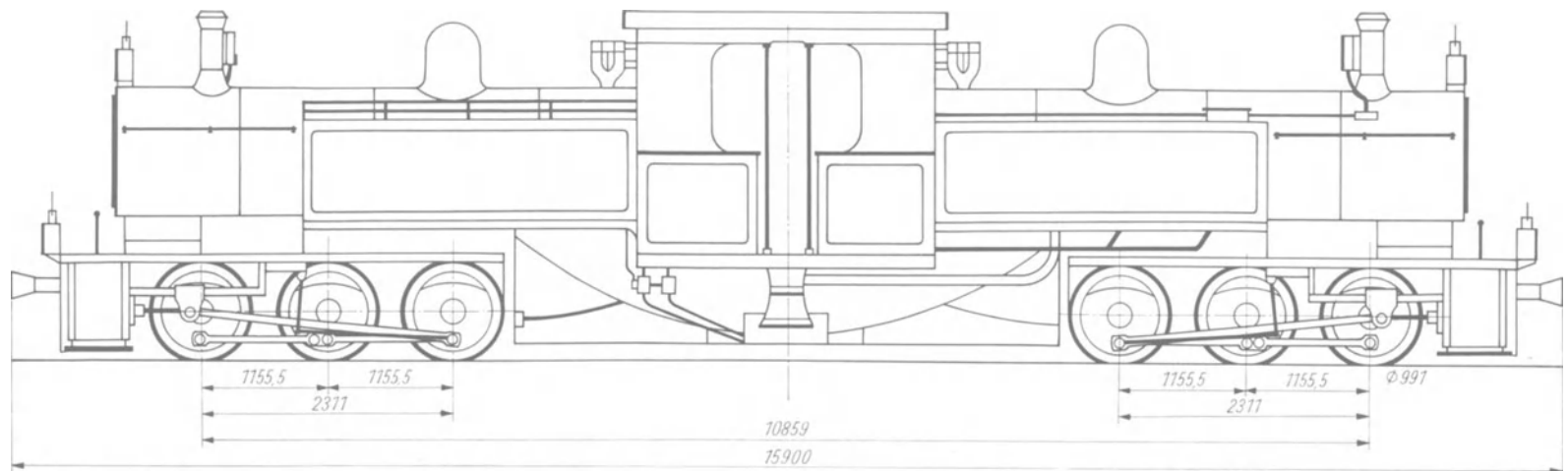
Die mexikanischen Fairlie-Lokomotiven

Ein gutes Beispiel für die Bewährung der Fairlie-Bauart bot sich in Mexiko. Die Streckenabschnitte, auf denen sie eingesetzt wurde, hatten Steigungen bis zu 4 % und wiesen Bögen von 90 m Radius auf.

„Earl of Merioneth“ der 597-mm-spurigen
in Wales gelegenen Festiniog Railway

Fairlie-Lokomotive für Mexiko





1873 erschienen die ersten Exemplare mit der Achsfolge C'C'; Neubeschaffungen erfolgten 1890 durch die britische Firma Neilson. Mit 92 t Dienstmasse handelte es sich, abgesehen von den Johnstone-Fairlies, um die schwersten je gebauten Fairlie-Lokomotiven, ansonsten glichen sie in den Abmessungen und im Gesamtaufbau sehr den schon besprochenen russischen Einheiten. Aus der Nachbeschaffung ist zu schließen, daß man sie in Mexiko als sehr geeignet für die Gebirgsstrecken des Landes angesehen hat.

Eine Besonderheit unter den mexikanischen Fairlies waren die 1892 von der Zentralbahn in Dienst gestellten (1'C)(C1')-Johnstone-Fairlie-Lokomotiven. Zum einen gehörten sie zu den ganz wenigen Fairlies mit Laufachsen, und zum anderen lagerten bei ihnen die Zylinder fest auf dem Hauptrahmen. Die Anordnung von verschiedenen Hebeln, etwa in der Art der Hagans-Lokomotiven, ermöglichte die Kraftübertragung auf die Drehgestelle. Weiter bestanden die Zylinder aus einem ringförmig um den 330 mm Durchmesser messenden Hochdruckzylinder angeordneten Niederdruckzylinder von 711 mm Durchmesser. Der Hub maß 610 mm, der Kesseldruck war 1,27 MPa (12,7 kp/cm²), und die Dienstmasse betrug 114 t. Mexiko zog die drei Exemplare nach wenigen Einsatzjahren aus dem Betrieb und baute sie in die Normalausführung um.

Fairlie-Lokomotiven in den USA

Eine Anzahl Fairlie-Lokomotiven benutzte man auch in den USA auf kurvenreichen Strecken; dabei handelte es sich um B'B', C'-C'- und (1'C)(C1')-Typen, alle als Tenderlokomotiven ausgeführt. Die systemeigenen Nachteile verhinderten eine weite Verbreitung; die meisten Exemplare waren bis zur Jahrhundertwende ausgemustert.

Mason baute 1871 die bekannteste derartige Lokomotive, die „Janus“, gedacht für die Central Pacific. Diese übernahm aber den Sechssachser nicht, und so beendete er seine Tage auf der Lehigh Valley RR Comp., wo er Dienst auf kurzen starken Steigungen tat.

Auch die Denver & Rio Grande Western RR Comp. kaufte 1892 in Großbritannien für ihre Schmalspurstrecke über den La-Veta-Pass eine B'B'-Fairlie-Lokomotive.

Die Fairlie-Lokomotiven der Burma State Rw.

1901 lieferte die britische Firma Vulcan Foundry Ltd. nach 25jähriger Pause erstmals wieder Fairlie-Lokomotiven, bestimmt für die meterspurige Burma State Rw.; 1901 entstanden fünf und 1906 zwei Exemplare mit der Achsfolge C'C'. Von allen anderen Fairlies unterschieden sie sich durch die Verwendung zweier völlig getrennter Kessel normaler Bauart.

Der Vorteil lag darin, daß der Wasserstandsunterschied auf Steigungen gegenüber

dem Doppelkessel geringer ausfiel und sich die Feuerbüchsen leichter beschicken ließen. Allerdings ließ der freie Raum zwischen den Kesseln die Länge über Puffer wesentlich anwachsen.

Vulcan führte diese Fairlies mit folgenden technischen Daten aus: Zylinderdurchmesser 356 mm, Hub 508 mm, Kuppelraddurchmesser 991 mm, Triebgestellachsstand 2,311 m, Gesamtachsstand 10,858 m, Kesseldruck 1,27 MPa (12,7 kp/cm²), Rostfläche je Einzelkessel 1,2 m², Heizfläche je Einzelkessel 52,6 m², Länge über Puffer 15,9 m, Dienstmasse 61,5 t, Zugkraft 123 kN (12,3 t), Höchstgeschwindigkeit 50 km/h, Wasservorrat 2,3 m³, Kohlevorrat 2,5 t.

Übrigens führte der knapp bemessene Wasservorrat dazu, daß diese Lokomotiven später mit Wasserwagen ausgerüstet liefen.

Die Reihe E der Western Australian Government Rw.

Zu den selten gebliebenen Fairlie-Lokomotiven mit Laufachsen an den Triebgestellen zählten auch zwei (1'B)(B1')-Maschinen, die die britische Firma Avonside 1879 an die Western Australian Government Rw. verkaufte. Für die dort als Reihe E eingestuften Exemplare liegen einige technische Daten vor: Zylinderdurchmesser 254 mm, Hub 457 mm, Kuppelraddurchmesser 990 mm, Kesseldruck 0,83 MPa (8,3 kp/cm²), Rostfläche 1,21 m², Heizfläche 77,67 m², Länge über Puffer 11,379 m, Dienstmasse 33,99 t, Zugkraft 36,9 kN (3,69 t).

Nach der Ankunft auf dem australischen Kontinent im Juli 1879 verkehrten sie auf der ersten Strecke der Bahngesellschaft von Geraldton nach Northampton. Ihr weiteres Schicksal verlief recht bewegt; 1888 verschickte man sie auf dem Seeweg nach Fremantle und setzte sie in der Folge als Nummer 7 und Nummer 20 auf der Eastern R.w. ein. 1893 fand die Nummer 7 einen Käufer, und aus der Nummer 20 entstand nach einer Trennung in zwei Hälften eine ortsfeste Dampfmaschine für die Bahnwerkstatt sowie eine 1'B1'-Tenderlokomotive normaler Bauart.

1.2.4.

Meyer-Lokomotiven

Meyer-Lokomotiven bestanden aus zwei Triebdrehgestellen, die einen Brückenrahmen trugen, auf dem sich der Kessel, das Führerhaus und die Vorräte befanden. Die Bauart Meyer war lange Zeit der Hauptgegner der Fairlie; wie diese verfügte sie über gute Kurvenläufigkeit, bot aber darüber hinaus die Möglichkeit, Regelkessel mit normaler Beschickung zu verwenden; auch fanden die Kohlevorräte an der Führerhausrückwand Platz.

Als genereller Nachteil muß die Vielzahl beweglicher, schwer dicht zu haltender und hohen Wartungsaufwand erfordernder Dampfleitungen gelten. Die Abnahme der Reibungsmasse und damit der Zugkraft bei Verbrauch der Vorräte hatte die Meyer-Lokomotive mit allen Tenderlokomotiven gemein, nachteilig war auch die Schlingerneigung der meist nur zwei- oder dreiachsigen Triebgestelle, ein Übel, das erst bei höherem Kupplungsgrad und bei Nutzung von Laufachsen erträgliche Ausmaße annahm.

Das vielfach angewendete kreuzweise Verbinden der beiden Gestelle durch Kuppelisen dämpfte zwar die Schlingerbewegungen, zwang aber auch das voranlaufende Drehgestell dazu, sich im falschen Winkel zum Gleisbogen einzustellen. Bei Verwendung von Verbundtriebwerken kam als weiterer Nachteil deren ausgeprägte Schleuderneigung dazu, so daß sich die Reibungsmasse nur schwer voll ausnutzen ließ und die Bedienung viel Geschick verlangte.

Man unterscheidet verschiedene Gruppen

der Meyer-Lokomotive. Die von Meyer geschaffene Ursprungsform hatte dicht aneinandergesetzte Triebgestelle mit am inneren Gestellende angeordneten Zylindern, was relativ kurze Dampfzuleitungen vom Dampfdom her gestattete, und an den Triebdrehgestellen angreifende Zug- und Stoßvorrichtungen. Die Lage der Triebdrehgestelle führte dazu, daß der Kessel nur eine begrenzte Feuerbüchstiefe und eine knappe Aschkastenkapazität aufwies.

Die oft als eigene Bauart angeführten Dubousquet-Lokomotiven unterschieden sich von den Meyers nur durch die am Brückenrahmen angebrachten Zug- und Stoßvorrichtungen.

Die erste Meyer-Lokomotive

Jean-Jacques Meyer aus dem im Elsaß gelegenen Mühlhausen ließ sich zusammen mit seinem Sohn *Adolphe* im März 1861 den Entwurf einer Gelenklokomotive patentieren. Da er dabei auf der von Günther für den Semmering-Wettbewerb entworfenen „Wiener Neustadt“ aufbaute, findet sich in der Literatur auch des öfteren die Bauartbezeichnung Günther-Meyer-Lokomotiven.

Schon 1862 präsentierte Meyer auf der internationalen Maschinenausstellung in South Kensington mehrere Entwürfe solcher Lokomotiven, wobei der Brückenrahmen noch fehlte; vielmehr waren die Triebdrehgestelle untereinander verbunden.

Schließlich baute 1868 die französische Firma Fives-Lille eine B'B' als ersten Meyer-Typ der Welt. Sie hatte einfache Dampfdehnung, die in der Folgezeit auch von anderen Herstellern beibehalten wurde.

Die 300 der belgischen Chemin de fer du Grand Central

1873 folgte auf den kleinen Erstling eine große C'C' für die belgische Chemin de fer du Grand Central, die von Cail aus Paris stammte. Auch sie hatte einfache Dampfdehnung; auffällig waren die über die Rauchkammervorderkante hinaus verlängerten Wasserkästen.

Die technischen Daten der mit der Betriebsnummer 300 eingeordneten Maschine lauten: Zylinderdurchmesser 440 mm, Hub 600 mm, Kuppelraddurchmesser 1200 mm, Triebgestellachsstand 2,66 m, Gesamtachs-

stand 8,72 m, Kesseldruck 0,8 MPa (8 kp/cm²), Rostfläche 3,3 m², Heizfläche 206 m², Länge über Puffer 12,78 m, Dienstmasse 72 t, Zugkraft 116 kN (11,6 t).

Offensichtlich befriedigte diese Einheit noch nicht, denn schon 1878 erhielten beide Triebdrehgestelle neue Aufbauten und liefen dann als Tenderlokomotiven im Rangierdienst. Eine der beiden soll in diesem Zustand sogar noch bis 1921 im Einsatz gewesen sein.

Die Reihe MITV der sächsischen Staatsbahn

Als einzige deutsche Staatsbahn versuchte Sachsen es mit Meyer-Lokomotiven. Anlaß für deren Einsatz war der Bedarf an leistungsfähigen Traktionsmitteln mit guter Bogenläufigkeit speziell für die Erzgebirgstrecken, auf denen die Dreikuppler der Reihe W nicht mehr genügten. So konnte Hartmann aus Chemnitz 1890/91 zwei B'B'-Meyer-Lokomotiven als Reihe MITV liefern, für die das Leistungsprogramm vorsah, 155 t mit 15 km/h und 135 t mit 20 km/h auf 2,5%igen in 200-m-Bögen gelegenen Steigungen zu befördern; als Höchstgeschwindigkeit forderte die Bahnverwaltung 45 km/h.

Es entstanden relativ kleine Verbundlokomotiven, deren Zylinder von 300/460 mm Durchmesser bei 533 mm Hub typgerecht einander zugekehrt in Lokmitte lagen; die Kuppelräder von 1100 mm Durchmesser ergaben einen Triebgestellachsstand von 1,75 m, der Gesamtachsstand belief sich auf 6,75 m. Eine beide Triebgestelle verbindende diagonale Kuppelstange dämpfte die Schlingerbewegungen. Der für 1,2 MPa (12 kp/cm²) Druck ausgelegte Kessel fiel mit 1,37 m² Rost- und 86,4 m² Heizfläche ebenfalls bescheiden aus; die Vorratsbehälter faßten 4,5 m³ Wasser und 2,1 t Kohle. Mit etwa 50 kN (5 t) Zugkraft ließen sich die alten Dreikuppler nicht verdrängen; noch vor der geplanten Übernahme durch die Deutsche Reichsbahn schieden sie deshalb 1922 aus.

Die Reihe IVK der sächsischen Staatsbahn

Aufbauend auf der MITV folgten 1891 die ersten Lieferungen einer 750-mm-spurigen Variante als Reihe IVK. Die sächsische Staats-

Reihe IVK der sächsischen Staatsbahn
im Lieferzustand

Reihe 99⁵¹⁻⁶⁰ der Deutschen Reichsbahn
nach der Rekonstruktion im Jahre 1962
mit EDV-Nummer und in Doppeltraktion

bahn, die einen Vierkuppler wünschte, scheute sich wegen der teilweise mit 40-m-Radius verlegten Gleise davor, dort eine große Einrahmenlokomotive zu verwenden.

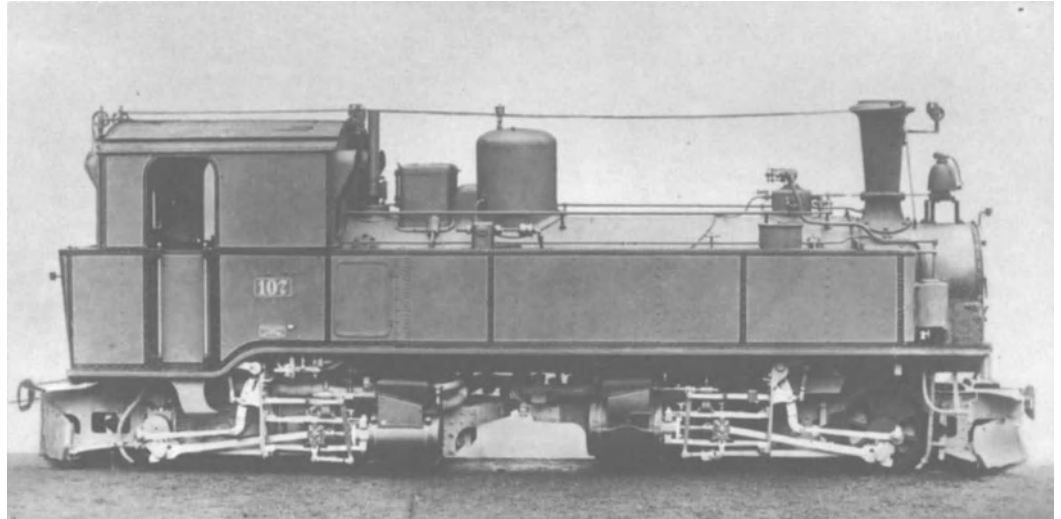
Hartmann schuf mit der IVK einen B'B'-Typ, bei dem die Hochdruckzylinder auf die Kuppelachsen des hinteren Triebdrehgestells und die Niederdruckzylinder auf die des vorderen wirkten. Wegen der besseren Unterbringung des Aschkastens erhielt das hintere Triebdrehgestell Außenrahmen; abgesehen davon, boten die Maschinen keine Besonderheiten.

Die technischen Daten im Lieferzustand waren: Zylinderdurchmesser 240/370 mm, Hub 380 mm, Kuppelraddurchmesser 760 mm, Triebgestellachsstand 1,4 m, Gesamtachsstand 6,2 m, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 0,97 m², Heizfläche 49,9 m², Länge über Puffer 9 m, Dienstmasse 26,6 t, Wasservorrat 2,4 m³, Kohlevorrat 1 t, Höchstgeschwindigkeit 30 km/h.

Zwischen 1892 und 1921 erfolgte die Lieferung von 96 IVK, die damit die meistgebaute deutsche Schmalspurlokomotive und die erfolgreichste Meyer-Lokomotive überhaupt blieb. Die einzelnen Serien unterschieden sich im Zylinderdurchmesser, der ab 1909 auf 240/400 mm stieg, im Kesseldruck, der ab 1908 1,4 MPa (14 kp/cm²) und ab 1912 1,5 MPa (15 kp/cm²) betrug, und in der Dienstmasse, die schließlich auf 29,6 t anwuchs.

Nachdem der erste Weltkrieg erste Bestandseinbußen gebracht hatte, erhielten die IVK bei der Deutschen Reichsbahn die Reihenbezeichnung 99⁵¹⁻⁶⁰. Den zweiten Weltkrieg überlebten noch 57 Maschinen, die nach 1950 auch außerhalb Sachsens liefen. Ab 1962 kam eine Anzahl Maschinen zur Generalreparatur, die neue Kessel und teilweise neue Rahmen mit sich brachte.

Noch heute sind die IVK unentbehrlich, obwohl ihr Streckennetz stark geschmolzen ist und sich auf die Verbindungen Wolkenstein–Jöhstadt und Oschatz–Mügeln beschränkt. Die 99 535 steht im Verkehrsmuseum Dresden, die 99 534 ist Denkmalslok in Geyer, die 99 539 versieht den Museumsbetrieb auf der Strecke Radebeul–Radeburg, und die 99 581 dient als Denkmal in Kirchberg.



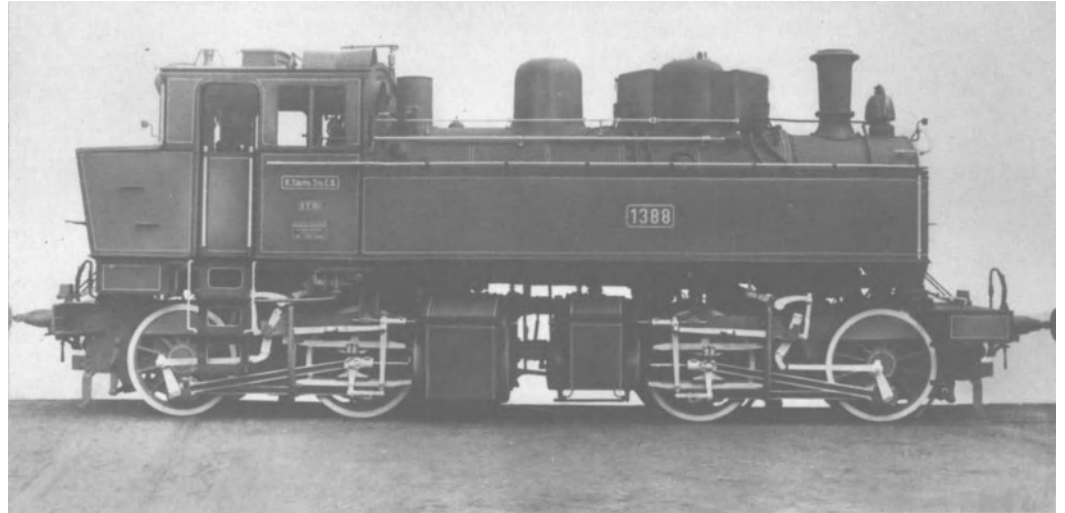
Reihe ITV der sächsischen Staatsbahn

98 001 der Deutschen Reichsbahn,
heute eine Museumslokomotive

Die Reihe ITV der sächsischen Staatsbahn

1910 entstand dann für die Regelspurstrecken eine gegenüber der MITV stärkere und verbesserte Reihe als ITV. Abgesehen von den Abmessungen, unterschieden sich die ITV vom Vorgänger vor allem durch die umgekehrte Zylinderanordnung mit den Hochdruckzylindern im vorderen und den Niederdruckzylindern im hinteren Triebdrehgestell – eine Bauweise, die kürzere Dampfleitungen ermöglichte.

Hier ergänzend die technischen Daten: Zylinderdurchmesser 360/570 mm, Hub 630 mm, Kuppelraddurchmesser 1260 mm, Triebgestellachsstand 2 m, Gesamtachsstand 7,7 m, Kesseldruck 1,3 MPa (13 kp/cm²), Rostfläche 1,6 m², Heizfläche 98 m², Länge über Puffer



11,624 m, Dienstmasse 60,5 t, Zugkraft 85 kN (8,5 t), Wasservorrat 5 m³, Kohlevorrat 2,2 t, Höchstgeschwindigkeit 50 km/h.

Hartmann lieferte 1910, 1913 und 1914 insgesamt 18 Einheiten, die die sächsische Staatsbahn unter den Betriebsnummern 1381 bis 1398 einordnete und auf der starke Krümmungen bis herab zu 85 m und Steigungen bis zu 2,5 % aufweisenden Windbergbahn Freital–Possendorf einsetzte. Dabei zogen sie in der Ebene 420 t mit 50 km/h und auf den Höchststeigungen 195 t mit 20 km/h. Bei der Beförderung schwerer Güterzüge liefen die ITV, da die Zugkraft einer Maschine vielfach nicht ausreichte, auch in Doppeltraktion. Vor den 1907 eingeführten Reisezügen, die ab 1912 die speziell für die Windbergbahn gebauten Windbergwagen führten, bewährten sich die Lokomotiven ausgezeichnet.

Die Deutsche Reichsbahn übernahm noch 15 Stück als 98 001 bis 98 015 und musterte bis 1933 vier Exemplare aus. Verschiedene 98er waren in den 30er Jahren auch außerhalb Sachsens stationiert, so die 98 007 und 98 008 beim Bw Hof und die 98 005, 98 006 und 98 015 in Bautzen. Die 98 002 und 98 005 rangierten zehn Jahre lang in Hilbersdorf. Während des zweiten Weltkrieges gelangten 98er kurzzeitig auch nach Aussig, Saalfeld, Arnstadt, Döbeln und Gera. Für die noch vor 1940 ausgemusterte 98 015 kam 1942 eine seinerzeit von Hartmann an die

Oberhohndorfer Kohlenbahn gelieferte ITV als neue 98 015 in den Reichsbahnbestand. Zwölf Maschinen überlebten den Krieg und fuhren von Dresden-Friedrichstadt aus weiter auf der Windbergbahn, bis die Diesellokomotiven der Reihe V60 sie in untergeordnete Dienste verdrängten. 1967 erfolgte dann die Ausmusterung. Als einzige blieb die 98 001 im Bestand des Verkehrsmuseums Dresden erhalten.

Die Du-Bousquet-Lokomotiven der französischen Nordbahn

Speziell für die Beförderung schwerer Kohlenzüge von 950 t Wagenzugmasse über 1,2%ige Steigungen beschaffte die französische Nordbahn zwischen 1905 und 1911 insgesamt 48 nach den Entwürfen des damaligen Maschinendirektors *Gaston du Bousquet* gebaute (C1')(1'C)-Meyer-Lokomotiven. Diese mit ihren in Fahrzeugmitte platzierten Laufachsen, mit denen auch bei höheren Geschwindigkeiten ruhiger Gang erzielt werden sollte, recht ungewöhnlich erscheinenden Einheiten blieben die größten gebauten Meyers. Du Bousquet ordnete die Zylinder wie üblich in Fahrzeugmitte an; dabei befanden sich die 400 mm Durchmesser und 680 mm Hub aufweisenden Hochdruckzylinder am hinteren und die 630 mm Durchmesser und 680 mm Hub aufweisenden Niederdruckzylinder am vorderen der mit 1455 mm

großen Kuppelrädern ausgestatteten Triebgestelle.

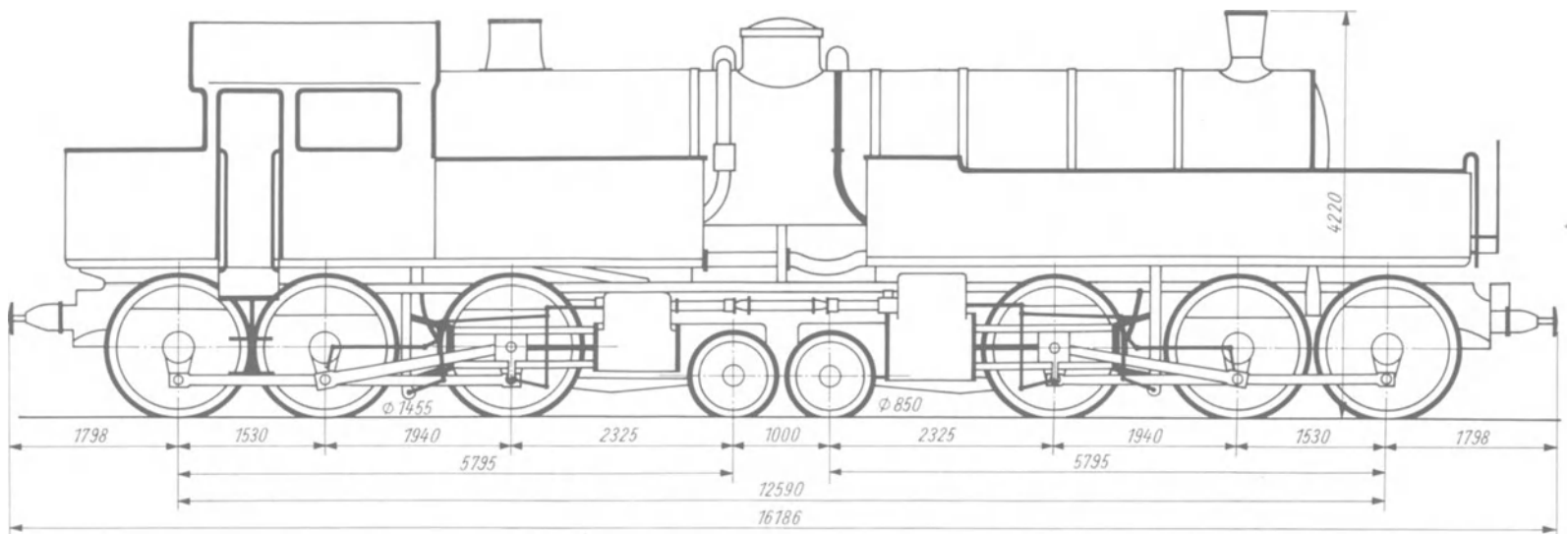
Mit 5,735 m Triebgestell- und 12,59 m Gesamtachsstand fiel das Laufwerk recht beachtlich aus. Der Belpaire-Kessel, ausgelegt für 1,6 MPa (16 kp/cm²) Dampfdruck, erscheint mit seinem 3 m² umfassenden Rost und 175,5 m² Heizfläche etwas unterdimensioniert. Bei 16,18 m Länge über Puffer lag die Dienstmasse bei 106,7 t, gut für eine Zugkraft von 241 kN (24,1 t).

Das vordere Triebdrehgestell trug unmittelbar zwei Wasserkästen, die bis über die Rauchkammerstirnwand nach vorn reichten; die beiden anderen Wasserbehälter bildeten mit dem Kessel, dem Führerhaus und dem dahinter angeordneten Kohlebunker eine feste Einheit. Insgesamt boten die Vorratsbehälter Platz für 12,8 m³ Wasser und 5 t Kohle. Die Höchstgeschwindigkeit von 65 km/h spricht für die guten Laufeigenschaften.

Die Nordbahn stellte ihre Meyer-Lokomotiven 1905 in Lüttich und 1906 in Mailand auf Ausstellungen vor und setzte sie dann unter den Betriebsnummern 6121 bis 6168 bis zum Jahre 1951 erfolgreich ein.

Die Reihe 062
der spanischen andalusischen Eisenbah-
nen

Die spanischen andalusischen Eisenbahnen übernahmen 1912 von der Hainault für ihre 1676-mm-spurigen Strecken zehn den fran-



zösischen Nordbahn-Meyers ganz ähnliche Lokomotiven, sie glichen in den Abmessungen und Massen dem Vorbild. Jedoch beschränkte die auf 94 t ermäßigte Dienstmasse den Wasservorrat auf nur 2,79 m³, so daß ein zweiachsiger Wasserwagen mit hölzernem, faßartigem Tank zur Ausstattung gehörte.

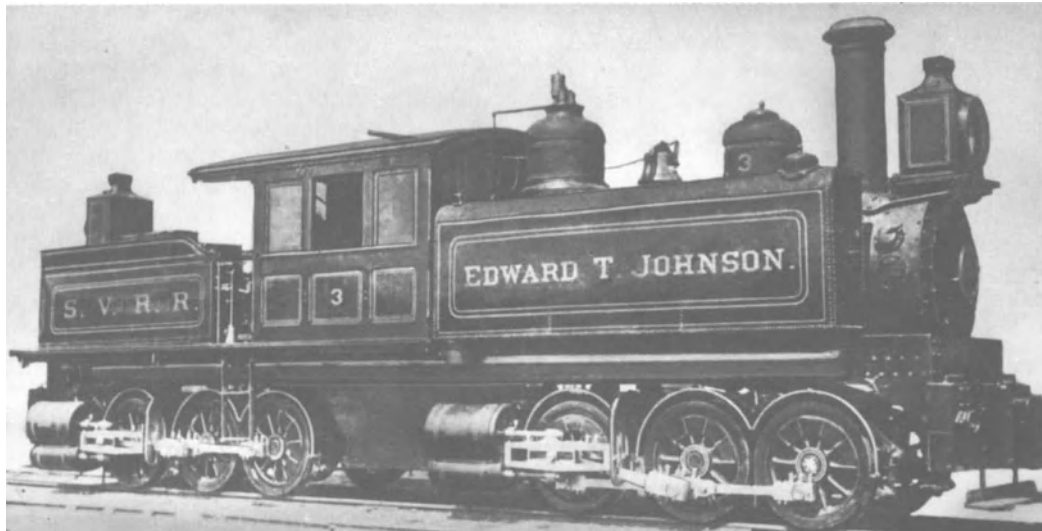
1.2.5. Kitson-Meyer-Lokomotiven

Durch Auseinanderrücken der Triebdrehgestelle schuf die britische Firma Kitson aus Leeds die zweite Spielart der Meyer-Lokomotive, die sog. Kitson-Meyer. Hier fand ein leistungsfähiger Kessel mit einer großen Feuerbüchse genügend Platz. Die frühen Ausführungen hatten am hinteren Triebgestellende angeordnete Zylinder, wobei der Abdampf der hinteren Zylindergruppe über einen durch den Wassertank laufenden Schornstein ausströmte und es dabei erwärmte; leider mangelte es dem Kessel aber an Zug. In der endgültigen Ausführung lagen die Zylinder am äußeren Ende jedes Drehgestells, und beide bliesen den Abdampf durch den Regelschornstein aus. Alle Kitson-Meyer-Lokomotiven hatten einfache Dampfdehnung; diesen Typ gab es gelegentlich auch mit Zusatztender.

Die „E. T. Johnson“ der Sinnemahoning Valley RR aus den USA

Schon bald nach der Einführung der ersten Meyer-Lokomotiven erkannte man deren Nachteile. In der Folge deutete sich die Kitson-Meyer-Form bei einigen Baumustern durch zumindest teilweise endständige Zylinder und auseinandergerückte Triebdrehgestelle an. Zu diesen Vorläufern ist auch eine 1892 von Baldwin aus Philadelphia für die Sinnemahoning Valley RR gebaute C'C'-Lokomotive zu rechnen. Da sie ein Einzelgänger blieb und in Europa kaum bekannt wurde, ist sie nicht zum Stammvater eines neuen Prinzips geworden.

Neben den Baumerkmalen der späteren Kitson-Meyer-Lokomotiven hatte dieser Typ mit seinem Vaucrain-Triebwerk eine für diese Gruppe der Gelenklokomotiven einmalige Besonderheit, und zwar wiesen alle Zy-



linder nach hinten; der Abdampf der hinteren Zylindergruppe strömte aber ebenfalls durch den vorderen Schornstein aus. Bekannt sind folgende technische Daten der „E. T. Johnson“ genannten Maschine: Zylinderdurchmesser 241/406 mm, Hub 457 mm, Kuppelraddurchmesser 1219 mm, Achsstand 8,23 m, Kesseldruck 1,27 MPa (12,7 kp/cm²), Dienstmasse 68 t, Zugkraft 157 kN (15,7 t). Über ihr Schicksal ist nur bekannt, daß sie später an die Buffalo & Susquehanna RR übergang.

Die Kitson-Meyer-Lokomotiven der chilenischen Nitrate Rw.

Die britische Firma Kitson & Co. aus Leeds pflegte um die Jahrhundertwende besonders ihre Verbindungen nach Südamerika, wo die dortigen Bahnen starke Lokomotiven mit guter Bogenläufigkeit suchten. Über die Entstehung der Kitson-Meyer gehen die Darstellungen auseinander. So besteht die Möglichkeit einer direkten Zusammenarbeit von Meyer mit Kitson & Co., aber auch die Variante, wonach Robert Stirling, der Chef der in britischem Besitz befindlichen chilenischen Nitrate Rw., Kitson & Co. zu einer Weiterentwicklung der Meyer-Bauart anregte, hat manches für sich.

Als erste Kitson-Meyer-Lokomotive gilt jedenfalls ein 1894 für die Nitrate Rw. gebauter C'C'-Typ. Mit ihr setzte sich die neue Bau-

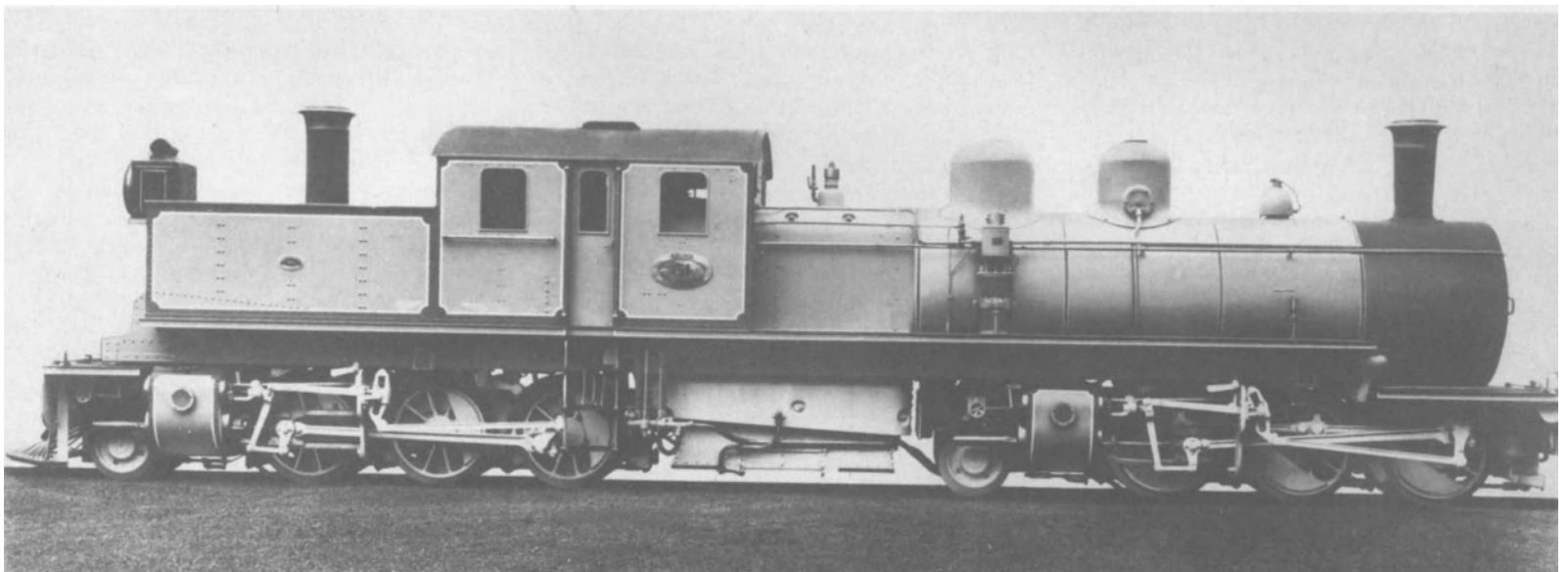
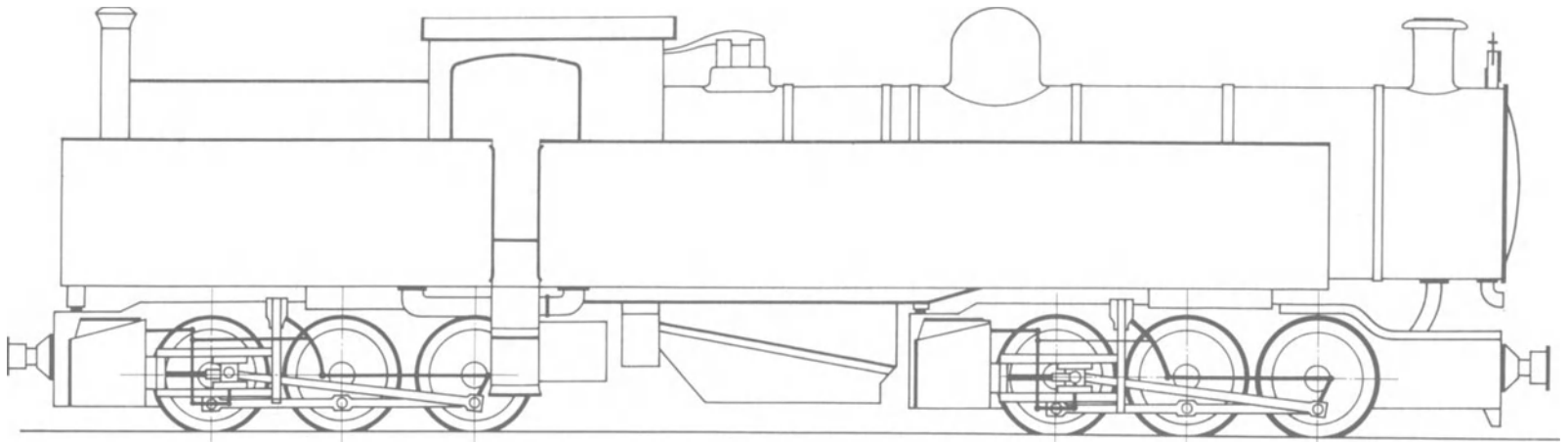
form so erfolgreich durch, daß der Firmenname Eingang in die Gattungsbezeichnung fand.

Die Livesey-Meyer-Lokomotiven der chilenischen Antofagasta & Bolivia

Wie so manche andere Bahn in Südamerika verfügte auch die chilenische Antofagasta & Bolivia über Kitson-Meyer-Lokomotiven, die aber den wachsenden Ansprüchen nicht mehr genügten. Sie bestellte daher für ihr in 760-mm-Spur ausgeführtes Netz bei Beyer Peacock leistungsfähigere (1'C)(C1')-Lokomotiven, für die Harry Livesey verantwortlich zeichnete und die Beyer Peacock zwischen 1911 und 1913 auslieferte. Diese dem Kitson-Meyer-Prinzip zwar durchaus entsprechenden, in manchen Details aber doch abweichenden Maschinen bezeichnete man auch als Bauart Livesey-Meyer; die sechs Exemplare blieben die einzigen ihrer Art. Das Fahrwerk war wie üblich in zwei Triebgestelle aufgeteilt, deren Zylinder, da die Lokomotiven in der Regel mit dem Führerhaus voraus fuhren, nach vorn zeigten. Weiter fehlten die seitlichen Wasserbehälter, wodurch sich zwar die Zugänglichkeit zum Kessel und zum Triebwerk verbesserte, zugleich aber ein vierachsiger Drehgestell-Wasserwagen erforderlich wurde. Der Abdampf des vorderen Triebwerkes strömte durch einen

Kitson-Meyer-Lokomotive
der chilenischen Nitrate Rw.

Livesey-Meyer-Lokomotive
der chilenischen Antofagasta & Bolivia



eigenen, durch den Kohlekasten führenden Schornstein aus.

Bekannt sind folgende technische Daten: Zylinderdurchmesser 457 mm, Hub 508 mm, Kuppelraddurchmesser 1118 mm, Gesamtachsstand 13,716 m, Kesseldruck 1,12 MPa (11,2 kp/cm²), Rostfläche 3,9 m², Heizfläche 174,5 m², Überhitzerfläche 3,7 m², Dienstmasse 96,2 t, Reibungsmasse 75,7 t, Zugkraft 160 kN (16 t).

Die Kitson-Meyer-Lokomotiven der kolumbianischen Zentralbahn

Lange Zeit galt eine 1935 an die kolumbianische Zentralbahn von der britischen Firma Robert Stephenson & Hawthorn gelieferte (1'D)(D1')-Tenderlokomotive als letzte Kitson-Meyer. Leider waren über sie keinerlei Angaben mehr greifbar.

Die Reihe 99¹⁶ der Deutschen Reichsbahn

Einmalig blieb der Einsatz von Kitson-Meyer-Lokomotiven bei der Deutschen Reichs-

bahn; ebenso ungewöhnlich ist ihre Vorgesichte. 1927 baute Orenstein & Koppel als einzige Firma außerhalb Großbritanniens für die chilenische Militäreisenbahn Puente Alto al Volcan eine C'C'-Kitson-Meyer-Lokomotive für 600-mm-Spur. Unerwartet bestellte die Bahn 1937 drei weitere, fast unveränderte Exemplare, die, 1939 fertiggestellt, wegen des Kriegsausbruches nicht geliefert werden konnten. Als Entwicklungsziel galt die Beförderung eines 100-t-Zuges über 3,5%ige Steigungen, 6 t Achsfahrmasse und das Befahren von 45-m-Bögen. Abgesehen

davon, daß das vordere Triebdrehgestell Innenrahmen und das hintere Außenrahmen aufwies, entsprachen die Maschinen im Gesamtaufbau dem letzten Entwicklungsstand des Kitson-Meyer-Prinzips.

Hier die technischen Daten: Zylinderdurchmesser 270 mm, Hub 350 mm, Kuppelrad-durchmesser 700 mm, Drehgestellachsstand 2,2 m, Gesamtachsstand 7,6 m, Kesseldruck 1,5 MPa (15 kp/cm²), Rostfläche 1,5 m², Heizfläche 47,8 m², Überhitzerfläche 17,5 m², Länge über Kupplung 11,3 m, Dienstmasse 38,4 t, Zugkraft 66 kN (6,6 t), Wasservorrat 5 m³, Kohlevorrat 2 t, Höchstgeschwindigkeit 30 km/h.

Nachdem die drei Muster jahrelang im Werk umhergestanden hatten, übernahm sie schließlich Mitte 1944 die Deutsche Reichsbahn zum Einsatz im besetzten Polen, wobei sie die Reihenbezeichnung 99¹⁶, die sonst nur polnische Lokomotiven trugen, erhielten. Der Einsatz erfolgte auf dem nordöstlich von Krakow gelegenen Schmalspurnetz, einem Überbleibsel der österreichischen Heeresfeldbahnen, als 99 1641 bis 99 1643. Polen ordnete sie 1948 als Reihe Tył mit den Betriebsnummern 691 bis 693 ein. Als zwischen 1951 und 1954 das 600-mm-Netz auf 750 mm umgespurt wurde, gelangten die 691 und die 692 auf das Mława-Netz, wo die Ausmusterung anlässlich dessen Umspurung am 29. 4. 1961 erfolgte. Die nicht umgesetzte 693 kam am 3. 7. 1955 zu einer Sodafabrik bei Krakow; über ihr weiteres Schicksal liegen nur Vermutungen vor.

Abschließend sei an die Kitson-Meyer-Zahnradlokomotiven verwiesen, die noch im Kapitel über die Zahnradlokomotiven Erwähnung finden werden.

1.2.6.

Mallet-Lokomotiven

Vater der bekanntesten Gelenklokomotivbauart war der in Frankreich lebende Genfer Ingenieur *Anatole Mallet*. Als er 1886 seine nach ihm benannte Gelenkbauart erfand, existierten schon Fairlie- und Meyer-Maschinen. Im Gegensatz zu diesen ordnete Mallet die hintere Maschinengruppe fest in einem mit dem Kessel verbundenen Rahmen an; nur die vordere erhielt Kurvenbeweglichkeit.

Da Mallet schon 1876 auf der Bayonne-Biarritz-Bahn das Verbundsystem im Lokomotivbau eingeführt hatte, lag es nahe, dieses auch bei den Mallet-Lokomotiven anzuwenden. Der große Vorteil dabei war der, daß die Hochdruckzylinder im festen Triebgestell mit starren Dampfzuleitungen mit dem Kessel in Verbindung standen, so daß die damals so gefürchteten Dichtungsschwierigkeiten entfielen; zugleich hatte die Leitung zwischen Hoch- und Niederdruckzylinder nur den halben Kesseldruck auszuhalten.

Verbundlokomotiven mit auf verschiedene Triebwerksgruppen wirkenden Hochdruck- und Niederdruckzylindern neigten allerdings sehr zu abwechselndem Schleudern beider Triebwerke; bei den Mallet-Verbundlokomotiven blieb die übertragbare Zugkraft deshalb immer geringer als bei vergleichbaren Normaltypen identischer Reibungsmasse. Ein grundsätzlicher Nachteil der Mallet-Verbundlokomotive lag auch in der mangelnden Eignung für höhere Geschwindigkeiten; besonders bei großen Maschinen, und hier speziell bei denen der USA-Bahnen, potenzierten sich die Probleme.

Bei hohen Geschwindigkeiten lieferten die Hochdruckzylinder so viel Dampf, daß ihn die nur in begrenzter Größe ausführbaren Schieber der Niederdruckzylinder gar nicht durchlassen konnten. Solange die Mallets im schweren und langsamen Güterzugdienst fuhren oder ihre Abmessungen in Grenzen blieben, hatte das keine Konsequenzen; aber gerade das war im Laufe der Entwicklung nicht der Fall.

Mit der Einführung des Heißdampfes lag es nahe, auch bei den Mallets auf die Verbundwirkung zu verzichten und beide Zylindergruppen mit Frischdampf zu beaufschlagen. Damit entfiel der Hauptnachteil der Mallet-Lokomotive, ihre Schleuderneigung, und zugleich eignete sie sich besser für höhere Geschwindigkeiten. Dichtungsschwierigkeiten gab es seit der Benutzung von Panzerschläuchen sowieso nicht mehr. In dieser Form erlebte die Mallet-Bauart ihren höchsten Entwicklungsstand.

Gegenüber dem Fairlie- und dem Meyer-System liefen Mallet-Lokomotiven durch die feste hintere Triebwerksgruppe ruhiger. Entsprechend ihrem Aufbau blieb sie eine Maschine für eine Hauptfahrtrichtung; die Zylinder

der lagen bis auf wenige Ausnahmen deshalb in Fahrtrichtung vorn; nur ein einziges Mal erhielt ein Triebgestell mehr als zwei Zylinder, sehr selten blieben auch Ventilsteuerungen. Für extrem kalte Einsatzgebiete entstanden auch Verbund-Mallets mit vier in Fahrzeugmitte platzierten Zylindern; dies verkürzte die Verbindungsleitungen zwischen den Zylindergruppen und verhinderte so Dampfkondensation. Mit der Einführung der Überhitzung existierte dieses Problem nicht mehr, zusammen mit dem Nachteil der Unzugänglichkeit der Zylinderköpfe führte dies dazu, daß solche Konstruktionen keine Verwendung mehr fanden.

Typisch war auch die Anlenkung der vorderen Triebwerksgruppe an die hintere in der Art eines Bisselgestells; die vordere Langkesselhälfte stützte sich über ein Gleitstück auf ihr ab. Beim Befahren von Gleisbögen nahm der Kessel eine tangential Lage zur Gleiskrümmung ein, wobei sich der Schwerpunkt in bezug zur Gleismitte verschob. Trotz Rückstellvorrichtung neigte das vordere Triebgestell wegen seiner geringen Masse sehr zum Schlingern; erst bei höherem Kupplungsgrad und bei Nutzung von Laufachsen trat dieses Problem in den Hintergrund.

Die Mallet-Bauart bedingte mit wachsendem Kupplungsgrad besonders lange Kessel. Vielfach erwies es sich als problematisch, den Platz vor der Feuerbüchse sinnvoll zu nutzen, und die großen Rohrlängen ergaben wegen des hohen Strömungswiderstandes schlechte Kesselwirkungsgrade.

Unabhängig von Mallet entwarf der Deutsche *Fritz Rimrott* 1879 als Prüfungsarbeit für die letzte Staatsprüfung im Maschinenbau eine Gelenklokomotive mit einem festen und einem beweglichen Triebgestell. Er ordnete aber, um die übliche feste Verbindung von Zylinder und Rauchkammer beibehalten zu können, das bewegliche Triebgestell hinten an. Lokomotiven der Bauart Rimrott sind nie gebaut worden, dennoch hielt sich in Deutschland lange die Bezeichnung Mallet-Rimrott-Lokomotive.

Mallet-Lokomotiven in Frankreich

Die Mallet-Lokomotive der Decauville-Gesellschaft

Der erste Entwurf für eine Mallet-Lokomotive, bestimmt für die meterspurige korsische Eisenbahn, stammte aus dem Jahre 1885; allerdings konnte sich die Bahn nicht zu einer Bestellung entschließen.

1888 suchte die französische Decauville-Gesellschaft für ihr 600-mm-Schmalspurnetz Güterzuglokomotiven, die bei 3 t Achsfahrmasse eine ausreichende Gesamtzugmasse über 8%ige Steigungen und durch 20-m-Bögen bringen sollten. Da das Hauptproblem in der Lösung des Bogenlaufes bestand, zog die belgische Firma Tubize, an die der Auftrag ging, Mallet zu Rate, dessen Pläne für seine neue Gelenklokomotivbauart inzwischen ausreichend bekannt waren: Mallet nutzte die Chance und entwarf eine B'B-Tenderverbundlokomotive mit Außenrahmen für das hintere und Innenrahmen für das vordere Triebwerk. Diese ungewöhnlich erscheinende Anordnung ermöglichte die Unterbringung einer ausreichend breiten Feuerbüchse zwischen den Rädern und gestattete zugleich große Niederdruckzylinder innerhalb des Umgrenzungsprofils, so daß die gemischte Rahmenform in der Folge nahezu zum Standard für Schmalspur-Mallets wurde.

Folgende technische Daten der ersten Mallet-Lokomotive sind bekannt: Zylinderdurchmesser 187/280 mm, Hub 260 mm, Kuppelraddurchmesser 600 mm, Kesseldruck 1,3 MPa (13 kp/cm²), Rostfläche 0,5 m², Heizfläche 22,3 m², Dienstmasse 11,7 t.

Die kleine Maschine lief unter anderem auch auf der Pariser Weltausstellung von 1889 und rief dort großes Interesse hervor; im übrigen entsprach sie den Erwartungen so gut, daß die Decauville-Gesellschaft ein zweites Exemplar bestellte.

Die Reihe 6000 der Ostbahn

Obwohl französischen Ursprunges, konnte sich die Mallet-Lokomotive dort auf Hauptbahnen nicht einführen. Lediglich die Ostbahn machte eine Ausnahme, als sie kurz vor dem ersten Weltkrieg beschloß, für den schweren Erzverkehr im Industriegebiet El-

saß-Lothringens (1'C)C-Schleptender-Mallets zu beschaffen.

Merkwürdigerweise ignorierte man Angebote der heimischen Industrie und bestellte zwei Maschinen bei Alco in den USA – angesichts der dortigen erst geringen Erfahrungen mit dieser Bauart ein unverständlicher Schritt. 1908 als 6001 und 6002 geliefert, entsprachen sie, abgesehen von den Zug- und Stoßvorrichtungen, durchweg amerikanischen Gepflogenheiten. Mit einem Zylinderdurchmesser von 445/710 mm bei 660 mm Hub, einem Kuppelraddurchmesser von 1270 mm, dem für 1,4 MPa (14 kp/cm²) Druck ausgelegten Kessel mit 3,8 m² großem Rost und 214,9 m² Heizfläche rangierten sie in der Spitzengruppe der europäischen Schleptender-Mallet-Lokomotiven. Die Dienst- und Reibungsmasse von 93,5 t bzw. 82,6 t konnten lediglich von der ungarischen 601 überboten werden. Mit Kriegsende standen sie nicht mehr in Dienst.

Im Gegensatz zu den Hauptbahnen fanden Mallets auf Neben-, Industrie- und Feldbahnen in Frankreich ein breites und erfolgreiches Betätigungsfeld. Auf die vielen dort eingesetzten Muster kann hier im einzelnen nicht eingegangen werden.

Mallet-Lokomotiven in Deutschland

Die Reihe VIIIc der badischen Staatsbahn

Auch deutsche Bahnen griffen die Mallet-Bauart auf. Zwar hatten mehrere Verwaltungen bereits Vierkuppler eingesetzt, jedoch ruhten dabei alle Achsen fest im Rahmen. Solche Lokomotiven konnten auf krümmungsreichen Gebirgsstrecken nicht laufen; deshalb versahen dort C-Maschinen, meist mit Vorspann, den Dienst. Mallet-Lokomotiven sollten hier die unerwünschte Doppeltraktion erübrigen.

Baden beschaffte als erste deutsche Staatsbahn Mallet-Maschinen mit der Achsfolge B'B als Reihe VIIIc für die sehr schwierige Schwarzwaldbahn. Für das Triebwerk mit seinen zwei Hochdruckzylindern von 390 mm Durchmesser und 600 mm Hub und den beiden Niederdruckzylindern von 600 mm Durchmesser bei identischem Hub, die auf 1260 mm große Kuppelräder wirkten, erwies sich der für 1,2 MPa (12 kp/cm²) Druck ausgelegte Kessel mit seiner Rostfläche von

1,96 m² und einer Heizfläche von 135,6 m² als zu klein. Das traf auch für die Reibungsmasse zu, die mit 57,8 t kaum an die der D-Lokomotiven heranreichte. Einschließlich Tender brachte es die VIIIc bei einem Achsstand der Lokomotive von 5,8 m auf eine Länge über Puffer von 16,76 m.

Mit der bei Versuchsfahrten erzielten mittleren Leistung von 404 kW (549 PS) ließen sich auf der 36 km langen Strecke Hausach–Sommerau mit einer durchschnittlichen Steigung von 1,76 % 278-t-Züge mit 18,8 km/h fahren. Nach den beiden von Grafenstaden gebauten Erstlingen aus dem Jahre 1893 übernahm Baden bis zum Jahre 1902 weitere 30 Einheiten dieser Reihe von verschiedenen Firmen, allerdings mit Kesseln für 1,3 MPa (13 kp/cm²) Druck. Die Deutsche Reichsbahn übernahm davon noch 19 Stück und musterte sie 1925 aus, die geplante Umnummerierung als Reihe 55⁶ erlebten sie nicht mehr.

Die Reihe G9 der preußischen Staatsbahn

Fast gleiche Mallets beschaffte die preußische Staatsbahn zwischen 1894 und 1899 als Reihe G9. Die 27 B'B-Maschinen liefen auf den Mosel-, Eifel- und schlesischen Gebirgsstrecken und fielen mit 55,8 t Dienstmasse etwas leichter aus als die badischen VIIIc. Bei späteren Lieferungen vergrößerte man den Durchmesser der Hochdruckzylinder von 390 mm auf 400 mm, später sogar auf 430 mm, und den der Niederdruckzylinder auf 630 mm. Keine der G9 kam noch zur Deutschen Reichsbahn.

Die bayrische BBI und die G4^{II} der Pfalzbahn

1895 kaufte die bayrische Staatsbahn bei Maffei zu Vergleichszwecken eine B'B-Mallet-Maschine als Reihe BBI für den Schiebedienst auf Steilrampen. Von genau gleicher Art waren die B'B-Mallets der Pfalzbahn, Reihe G4^{II}. Hauptübel dieser Einheiten waren die mit 415 mm Durchmesser bzw. 635 mm Durchmesser bei 630 mm Hub zu groß geratenen Zylinder. Auch das Einsetzen von Reduzierbüchsen in die Hochdruckzylinder brachte nicht die erwünschte Besserung. Als Treibraddurchmesser wählte Maffei bei 5,905 m Achsstand 1340 mm, der Kessel für 1,4 MPa (14 kp/cm²) Dampfdruck bei

Mallet-Lokomotive
der preußischen Heeresfeldbahn,
spätere 99 5906-5 der Deutschen Reichsbahn
Reihe BBII der bayrischen Staatsbahn

2,07 m² Rost- und 123 m² Heizfläche fiel wieder zu klein aus. Bei 16,991 m Gesamtlänge über Puffer brachte es die BBI auf 55,6 t Dienstmasse. Bemerkenswert war der Einbau von Öldämpfern zwischen dem beweglichen Triebgestell und dem Hauptrahmen, um die Laufeigenschaften zu verbessern. Trotzdem befriedigten die Lokomotiven nicht; so blieb es bei einem bzw. zwei Exemplaren der BBI und der G4^{II}.

Die Reihe IV der sächsischen Staatsbahn

Auch Sachsen versuchte es mit einer B'B-Mallet-Schleppenderlokomotive, gedacht für die steigungs- und krümmungsreichen Strecken des Erzgebirges. Noch 1898 lieferte Hartmann fünf, 1899 zwanzig und 1903 nochmals fünf Maschinen der Reihe IV. Im Einsatz zeigte sich, daß sie für die relativ hohe Dienstmasse von 60 t zu leistungsschwach ausgefallen waren; die Zugkräfte erreichten nicht immer die der Dreikuppler der Reihe W mit ihren 42 t Reibungsmasse. In der Ebene zogen die Mallets 950 t mit 45 km/h, auf 2,5%igen Steigungen 185 t mit 25 km/h. Die Deutsche Reichsbahn übernahm noch 13 Exemplare als Reihe 55⁶⁰, musterte sie aber schon 1926/27 aus.

Ergänzend hier einige technische Daten: Zylinderdurchmesser 420/650 mm, Hub 600 mm, Kuppelraddurchmesser 1240 mm, Achsstand 5,75 m, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 2,1 m², Heizfläche 141,1 m², Länge über Puffer 16,706 m, Wasservorrat 9 m³, Kohlevorrat 4 t.



Die Reihe Gt2x4/4 der bayrischen Staatsbahn

Mallet-Lokomotiven liefen in der Folge auch auf anderen, meist schmalspurigen Kleinbahnen. In Großausführung kamen sie 1913 nochmals zur Geltung, diesmal als D'D-Tenderlokomotive. Auf dem Gebiet der bayrischen Staatsbahn befanden sich drei Rampen mit 2 % bis 2,5 % Steigung, und die zur

Verfügung stehenden Reihen CIV und EI erforderten das Nachschieben mit zwei weiteren Lokomotiven. Deshalb ließ die bayrische Staatsbahn unter ihrem Maschinenbaudirektoren *Biber* bei Maffei unter Berücksichtigung einer maximalen Achsfahrmasse von 15 t und genügender Kurvenbeweglichkeit die Mallet-Reihe Gt2x4/4 entwerfen. So entstanden 1913/14 15 Stück der mit einer Länge über Puffer von 17,55 m und 12,2 m Achsstand größten und damals stärksten Tenderlokomotive Europas.

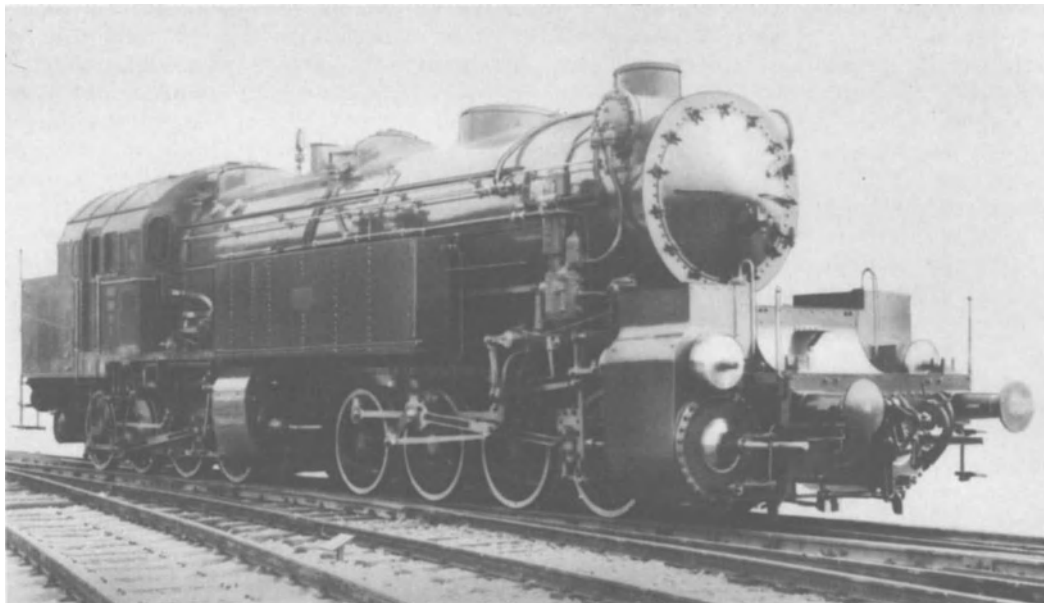
Im Ursprungszustand wiesen sie folgende technische Daten auf: Zylinderdurchmesser 520/800 mm, Hub 640 mm, Kuppelraddurchmesser 1216 mm, Kesseldruck 1,5 MPa (15 kp/cm²), Rostfläche 4,25 m², Heizfläche 229,6 m², Überhitzerfläche 55,4 m², Dienstmasse 123,2 t, Wasservorrat 11 m³, Kohlevorrat 5,3 t, Höchstgeschwindigkeit 50 km/h.

Im Einsatz erbrachte jede Gt2x4/4 eine eindrucksvolle Leistung; sie entsprach der dreier CIV-Maschinen. Allerdings mußte die Lok am Berg sehr behutsam gefahren werden, damit kein Schleudern auftrat. Wegen ihrer mäßigen Achsfahrmasse lief sie während des ersten Weltkrieges auch in den besetzten belgischen Gebieten.

Bei einer Nachbestellung über zehn Stück im Jahre 1922/23 gab es schon zahlreiche konstruktive Verbesserungen, ein nochmaliger Umbau erfolgte 1926. Dabei vergrößerte man den Durchmesser der Hochdruckzylinder auf 600 mm, die Sandstreueinrichtung wurde verbessert, eine zweite Luftpumpe machte sich erforderlich; bemerkenswert auch die Riggerbach-Gegendruckbremse, der Speisewasservorwärmer, der neue Schornstein und der vergrößerte Überhitzer. Aus Geldmangel erfolgte allerdings nur die Änderung der zweiten Serie.

Die Deutsche Reichsbahn setzte die Gt2x4/4 als Reihe 96⁰ ein; 1929 beorderte sie drei Einheiten auf die 6,4 km lange Strecke Brügge – Lüdenscheid in Westfalen, auf der die bisher dort verwendeten T14 und T16 das Verkehrsaufkommen nicht mehr bewältigten und für die die T20 eine zu hohe Achsfahrmasse hatte. Nach Kriegsende verblieben zwei Lokomotiven bei der Deutschen Reichsbahn und 18 bei der Deutschen Bundesbahn; bis 1954 waren alle ausgemustert.





Mallet-Lokomotiven in Ungarn

Die Reihe IVd

Außer Deutschland besaß Ungarn, das vor dem ersten Weltkrieg über ein Territorium mit zum Teil sehr schwierigen Eisenbahnstrecken verfügte, in größerer Stückzahl Mallet-Lokomotiven. Zwischen 1898 und 1902 bezog die ungarische Staatsbahn aus ihren eigenen Werkstätten die ersten B'B-Mallets der Reihe IVd, der späteren Reihe 422. Die 30 Exemplare entsprachen in Größe und Leistung in etwa den schon beschriebenen deutschen Typen; sie bieten deshalb keinen Anreiz zu weiteren Ausführungen.

Die Reihe IVe

Ab 1905 erlaubte es die Verstärkung der Karstbahn auf eine zulässige Achsfahrmasse von 16 t, leistungsfähigere Zugmittel zu benutzen. Daraufhin entstanden in der Maschinenfabrik der Staatsbahn bis 1908 unter Beibehaltung vieler Komponenten der IVd 15 (1'B)B-Mallet-Naßdampf-Verbund-Schleppertenderlokomotiven als Reihe IVe, spätere Reihe 401. Neu war der führende Laufradsatz, der zusammen mit den auf 1440 mm Durchmesser vergrößerten Kuppelrädern und dem Gesamtachsstand von immerhin 8,71 m eine Höchstgeschwindigkeit

von 60 km/h ermöglichte. Mit einem Dampfdruck von 1,6 MPa (16 kp/cm²), 3,5 m² Rost- und 235 m² Heizfläche entsprach der Kessel ganz dem des Vorgängers. Mit 65 t Reibungsmasse ließ sich eine Anfahrzugkraft von 132 kN (13,2 t) realisieren, damit stieg die zulässige Zugfahrmasse um 20 %. Ein dreiachsiger Tender nahm 14,5 m³ Wasser und 8 t Kohle auf.

Alle IVe bewährten sich und liefen auch vor Schnellzügen; 1918 gingen sie an Jugoslawien über.

Die Reihe VI m

Um die Jahrhundertwende ließen sich die schweren Kohlenzüge auf der Strecke Piski–Petrozsény–Lupeny nur in Doppeltraktion befördern; um diese aufgeben zu können, suchte der Betriebsdienst leistungsfähige, gut bogenläufige und wegen der auf 12 t beschränkten Achsfahrmasse entsprechend ausgebildete Lokomotiven. Erneut griff die Staatsbahn zum Mallet-System und entwarf die C'C-Maschinen der Reihe VI m, der späteren Reihe 651.

Sie hatten Zylinder von 400 mm Durchmesser bzw. 620 mm Durchmesser bei 610 mm Hub, kleine Kuppelräder von 1220 mm Durchmesser und Triebwerksgruppen mit nur 2,7 m Achsstand bei 8 m Gesamtachs-

stand. Kessel und Tender übernahm man von der IVe, die Reibungsmasse lag mit 71 t allerdings etwas höher, ebenso die Anfahrzugkraft von 153 kN (15,3 t). Damit schaffte sie 455 t mit 30 km/h über 1,6%ige Steigungen. Die VI m kamen nicht nur auf der Petrozsényer Strecke, sondern auch auf der Karstbahn vor schweren Reisezügen zur Anwendung, obwohl dort die mäßige Achsfahrmasse keine Vorteile mehr brachte. Insgesamt verließen 58 Stück von 1909 bis 1914 die Bahnwerkstätten.

Für die Kaschau–Oderberg-Bahn lieferte die Wiener Lokomotivfabrik bis 1915 24 ganz ähnliche Einheiten, weitere 13 folgten gegen Ende des ersten Weltkrieges, ausgestattet mit Brotan-Kessel.

Die Reihe 601

Im Karstgebiet wuchs der Verkehr zum Adriaflughafen Fiume so stark an, daß noch leistungsfähigere Lokomotiven notwendig wurden. Die Zugfolge auf der eingleisigen Strecke erforderte eine Hochleistungslokomotive, die wegen der großen Steigungen und kleinen Gleisbögen wieder nur eine Mallet-Lokomotive sein konnte. So entstanden 1914 die ersten (1'C)C-Einheiten der Reihe 601. Um die zweckmäßigsten Zylinderabmessungen zu ermitteln, erhielten die Exemplare der Nullserie Zylinder verschiedener Abmessungen, bis man sich für Hochdruckzylinder von 520 mm Durchmesser bei 660 mm Hub und Niederdruckzylinder von 800 mm Durchmesser bei ebenfalls 660 mm Hub entschied. Das Triebwerk hatte Kuppelräder von 1440 mm Durchmesser, der Achsstand der Triebgestelle betrug 5,85 m bzw. 3,4 m, der Gesamtachsstand der Lok 11,9 m. Hauptsächlich der Anspruchslosigkeit zufolge fiel die Wahl auf einen Brotan-Kessel, damals der größte Europas. Der Kesseldruck von 1,5 MPa (15 kp/cm²), die Rostfläche von 5,09 m², die Heizfläche von 271,2 m² und die Überhitzerfläche von 73 m² unterstreichen das eindrucksvoll. Bei 109,4 t Dienst- und 97 t Reibungsmasse konnte eine Anfahrzugkraft von 223 kN (22,3 t) ausgeübt werden; der vierachsige Drehgestellender nahm bei 57 t Dienstmasse 26 m³ Wasser und 8 t Kohle auf; die Gesamtlänge einschließlich Tender betrug 22,58 m, die Höchstgeschwindigkeit 60 km/h.

Die 601 leistete bei Feuerung mit hochwertiger Steinkohle 1737 kW (2360 PS); damit ließen sich auf 2,5%igen Steigungen 385 t mit 15 km/h befördern, auf ebener Strecke versuchsweise 2600 t mit 30 km/h und 1400 t mit 60 km/h. Auf Grund dieser Werte galt sie als stärkste Lokomotive Europas. Da sie im übrigen allen Anforderungen entsprach, lieferte die Maschinenfabrik der Staatsbahn von 1914 bis 1919 60 Einheiten. Als Folge des ersten und zweiten Weltkrieges gingen alle in den Besitz der jugoslawischen und rumänischen Staatsbahnen über.

Mallet-Lokomotiven in Rußland und in der UdSSR

Die Mallets der Bahn Archangelsk–Wologda

Ein wichtiges Anwenderland der Mallet-Bauart war auch Rußland. Erstmals kamen Mallet-Lokomotiven als Import in das Land. Borsig sandte 1895 eine Anzahl C'C-Maschinen an die in Kapspur ausgeführte Bahn Archangelsk–Wologda. Sie hatten gemischte Innen-Außen-Blechrahmen und Flachschiebersteuerung. Während des ersten Weltkrieges, als diese Strecke strategische Bedeutung gewann, ging an Baldwin eine größere Bestellung über Mallet-Lokomotiven ganz ähnlicher Leistung, die aber mit dem Barrenrahmen und den Kolbenschiebern für die Hochdruckzylinder über typische USA-Bau-elemente verfügten. Viele dieser Lokomotiven, gebaut 1917, erreichten Rußland wegen der Revolution nicht mehr, so daß 40 in den Irak und zwei nach Malaysia gelangten.

Die technischen Daten der Borsig-Variante lauteten: Zylinderdurchmesser 350/450 mm, Hub 550 mm, Kuppelraddurchmesser 1100 mm, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 1,79 m², Heizfläche 121,5 m², Dienstmasse 47,5 t.

Die Reihe Ø der Moskau–Kasaner Bahn

Kurz vor der Jahrhundertwende benötigte die Moskau–Kasaner Bahn leistungsfähige Lokomotiven, die bei 15 km/h 140 kN (14 t) Zugkraft entwickeln sollten und eine zulässige Achsfahrmasse von 13,5 t nicht überschreiten durften. Dafür schienen C'C-Mallet-Schleppenderlokomotiven besonders

geeignet, jedoch begrenzte man nach näherer Überprüfung des Projektes die Zugkraft auf 120 kN (12 t). 1898 lieferte dann die Lokomotivfabrik Brjansk zehn Exemplare aus; diese gelten als die ersten im eigenen Land hergestellten Mallets.

In den Abmessungen wichen sie kaum vom europäischen Standard ab; dafür sprechen auch folgende Werte: Zylinderdurchmesser 475/710 mm, Hub 650 mm, Kuppelraddurchmesser 1220 mm, Achsstand 11 m, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 2,48 m², Heizfläche 200,9 m², Dienstmasse 83,1 t, Höchstgeschwindigkeit 45 km/h.

1903 bestellte das Verkehrsministerium bei den Putilow-Werken eine zweite Serie für die sibirische Eisenbahn, auf der wegen des schwierigen Streckenprofils, des leichten Oberbaues und der dadurch begrenzten Achsfahrmasse leistungsfähige Normalbauarten nicht einsetzbar waren. Obwohl grundsätzlich gleich im Aufbau, vergrößerte man Rost- und Heizfläche und hob auch die Dienstmasse geringfügig an.

Gleiches gilt für zwei weitere Serien, an denen auch das Kolomensker Werk Anteil hatte. Die 1912 als Reihe Ø eingestuftes C'C-Mallet-Lokomotiven brachten es schließlich auf 177,9 m² Heiz-, 47,4 m² Überhitzerfläche, 89,4 t Dienstmasse und 148 kN (14,8 t) Zugkraft. Bis 1916 entstanden 350 Einheiten, die außer auf den schon genannten Strecken auch auf der Transkaukasusbahn verkehrten und bis in die 30er Jahre hinein durchaus den Anforderungen entsprachen.

Zur Reihe Ø zählte auch eine Anzahl Mallets mit vier in Fahrzeugmitte platzierten Zylindern, wobei sowohl Verbund- als auch Einfachwirkung Anwendung fand. Stückzahlen sind nicht bekannt; das Baujahr scheint 1910 gewesen zu sein; das Einsatzgebiet entsprach dem der Regel-Mallet-Maschinen.

Die Reihe I der transsibirischen Bahn

Die transsibirische Bahn benötigte neben Güterzug auch Reisezuglokomotiven, die mit den widrigen Streckenverhältnissen fertig werden mußten. Wegen der recht guten Erfahrungen mit den C'C-Mallet-Lokomotiven entschloß man sich für die gleiche Bauform in der (1'B)B-Ausführung; 1903 war im Kolomensker Werk der erste 1912 in Reihe I eingestufte Prototyp fertig.

Zylinder von 420 mm Durchmesser bzw. 630 mm Durchmesser bei 600 mm Hub arbeiteten auf 1350 mm große Kuppelräder; der Kessel, ausgelegt für einen Dampfdruck von 1,2 MPa (12 kp/cm²), hatte 2,7 m² Rost- und 176,3 m² Heizfläche. Bei 8,1 m Achsstand betrug die Dienstmasse 65,8 t; für die Traktion standen davon 54,8 t zur Verfügung, um über eine 1,5%ige Steigung einen 300-t-Zug mit 27 km/h zu bringen.

Von den insgesamt etwa 100 Lokomotiven hatte ein Teil versuchsweise auch einfache Dampfdehnung.

Die Π 34

Noch einmal verfolgte man nach dem zweiten Weltkrieg den Gedanken der Mallet-Lokomotive, um die wenig ökonomische Doppeltraktion auf gewissen Strecken aufgeben zu können. 1948 erschien eine (1'C)C1'-Maschine der Reihe Π 34, hergestellt in Kolomna.

Sie hatte vier gleiche Zylinder von 500 mm Durchmesser bei 800 mm Hub, einen Kuppelraddurchmesser von 1500 mm, einen Achsstand von 14,75 m, einen Kessel für 1,4 MPa (14 kp/cm²) Druck mit 7,8 m² Rost-, 281 m² Heiz- und 155,6 m² Überhitzerfläche. Weiterhin sind die Dienstmasse von 147,8 t, die Reibungsmasse von 117,5 t, die Gesamtlänge mit Tender von 30,257 m, die Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h und die Dauerleistung von 2134 kW (2900 PS) bekannt.

Während der Versuchsfahrten erwies sich die Π 34 als teurer und weniger wartungsfreundlich als ähnlich dimensionierte Steifrahmenlokomotiven, so daß man auf einen Serienbau verzichtete.

Die Reihe Π 38

1952 entstanden unter der Leitung von L. Lebedjanskij in der Lokomotivfabrik Kolomna noch einmal zwei Mallet-Maschinen, diesmal mit der Achsfolge (1'D)D2'. Dieser als Π 38 eingestufte Typ wies beachtliche Abmessungen auf; es handelte sich um die schwersten und leistungsfähigsten Dampflokomotiven der UdSSR. Sie sollten auf Strecken mit schwierigem Profil, mit starken Steigungen und engen Kurven laufen; mit ihrer Achsfahrmasse von 20 t blieben sie freizügig einsetzbar.

Das Triebwerk mit seinen vier Zylindern von

575 mm Durchmesser und 800 mm Hub, seinen 1500 mm großen Doppelscheibenrädern und seiner führenden Bisselachse lagerte vollständig in Wälzlager, ebenso Kuppelstangen und Steuerung. Besondere Sorgfalt galt den beweglichen Dampfleitungen. Der vollständig geschweißte Kessel, ausgelegt für 1,5 MPa (15 kp/cm²) Dampfdruck, hatte eine Rostfläche von 10,7 m² und eine Heizfläche von 396,3 m², zuzüglich 236,7 m² Überhitzerfläche. Bemerkenswert waren die Verbrennungskammer, der Stoker, die Vorwärmanrichtung für Frischluft und Speisewasser und die pneumatische Vorrichtung zur Reinigung der Feuerung. Einschließlich des achtsichtigen Tenders für 60 m³ Wasser und 35 t Kohle lag die Gesamtlänge bei 38,23 m, die Dienstmasse bei 214,9 t ohne und 380 t mit Tender und die Reibungsmasse bei 164 t. Als Höchstgeschwindigkeit sind 80 km/h bekannt.

1954 nahmen beide П 38 den Versuchsbetrieb auf; sie vermochten 3500-t-Züge über 0,9%ige Steigungen mit 23 km/h zu bringen und entwickelten über 2944 kW (4000 PS). Sie dienten viele Jahre lang recht erfolgreich; eine Serienproduktion erfolgte wegen der 1956 beschlossenen Traktionsumstellung aber nicht mehr.

Mallet-Lokomotiven in den USA

Nachdem *Mallet* seine Ideen 1893 auf dem International Engineering Congress in den

USA präsentiert hatte, kam es infolge seiner Anregungen zu einer überaus lebhaften Entwicklung der Mallet-Bauart, die die aller anderen Länder weit in den Schatten stellen sollte. Von den über 5000 in aller Welt gebauten Mallet-Lokomotiven verkehrten allein 3000 in den USA; sie waren dort bei etwa 50 großen Bahngesellschaften und vielen Industrie- und Waldbahnen im Einsatz.

Die Mallet kam dem dortigen Zwang zu riesenhaften Abmessungen bestens entgegen. Auf dem Eisenbahnnetz der USA waren gewaltige Gütermengen über große Entfernungen zu transportieren; nur Wagen von hoher Tragfähigkeit, zusammengestellt in Zügen ungewöhnlicher Länge, ließen eine wirtschaftliche Beförderung zu. Nur leistungsfähige Lokomotiven konnten diese Züge ziehen. Auch die Reisezüge wiesen beachtliche Massen auf; so kam die Mallet-Lokomotive – ganz im Gegensatz zu Europa – auch als Schnellzuglok zum Einsatz. Mallet-Maschinen entsprachen so gut den Erwartungen, daß andere Gelenkbauarten in den USA fortan keine Chance mehr hatten und erstaunlicherweise von den sonst so pragmatischen Amerikanern gar nicht erst versucht wurden.

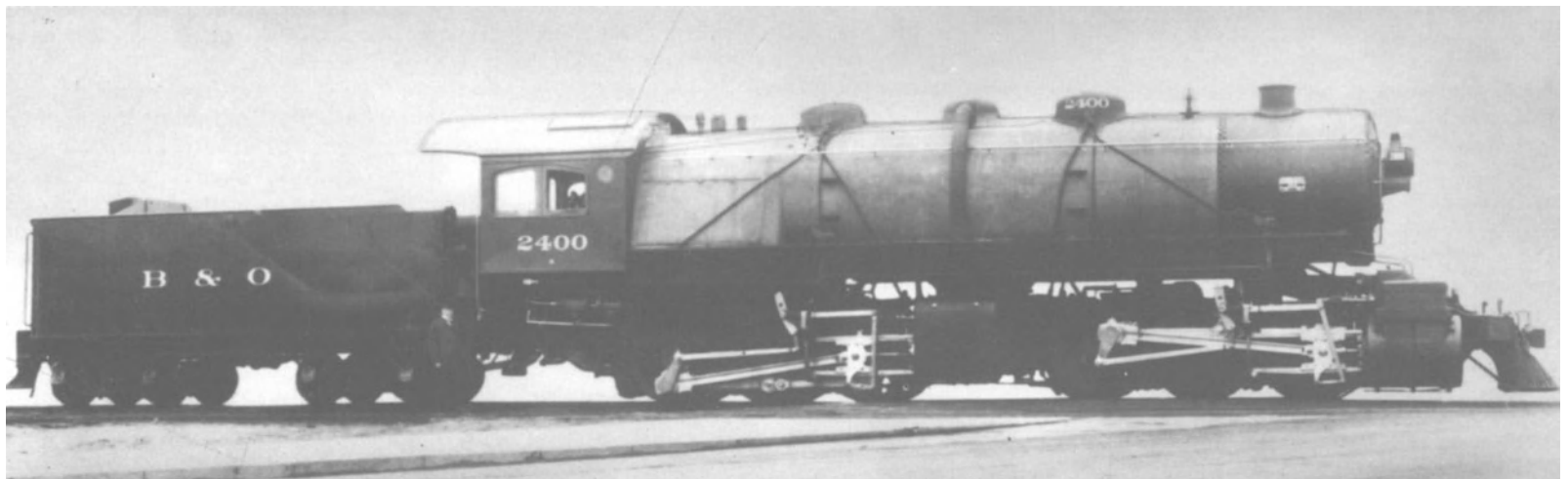
Die Reihe O der Baltimore & Ohio RR Comp.

1903/04 baute Alco die erste Mallet-Lokomotive in den USA für die Baltimore & Ohio RR Comp. Ihre Aufgabe bestand darin, schwere Güterzüge ungeteilt über die gebirgige,

krümmungsreiche 70 km lange Strecke zwischen Connesville und Rockwood zu fahren und dadurch die bisher in Doppel- oder Dreifachtraktion laufenden 1'D-Maschinen zu ersetzen. Wie auch in Europa üblich, führte man sie als Naßdampf-Verbundlokomotive mit der Achsfolge C'C aus; sie erhielt die Reihenbezeichnung O und die Betriebsnummer 2400.

Sie verfügte über Zylinder von 813 mm bzw. 508 mm Durchmesser bei jeweils 813 mm Hub; der Kuppelraddurchmesser war 1422 mm, der Achsstand 9,353 m, der Kesseldruck 1,65 MPa (16,5 kp/cm²), die Rostfläche 6,5 m², die Heizfläche 518,4 m², die Dienstmasse 151,7 t und die Zugkraft 324 kN (32,4 t); der vierachsige Drehgestellender faßte bei 65 t Dienstmasse 12 t Kohle und 26,5 m³ Wasser. Erstmals in den USA kam, abgesehen von der 1874 gebauten „William Mason“, die Walschaert-Steuerung und wegen der vielen Gelenke der zwei Triebwerke eine Druckluftumsteuerung zur Anwendung.

Auf der vorgesehenen Strecke beförderte die 2400 eine Wagenzugmasse von 2150 t mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 17 km/h; zusammen mit einer 1'D-Lokomotive zog sie 2900 t mit 16 km/h. 1915 änderte sich die Reihenbezeichnung in DD1 und die Betriebsnummer in 7000; 1926 erfolgte dann ein Umbau auf Einfachwirkung als Reihe DD mit vier Zylindern von 508 mm Durchmesser bei 813 mm Hub. Damit stieg die Zugkraft



auf 415 kN (41,5 t). Ihre Laufbahn beendete sie als Abdrücklok in Willard in Ohio, bis sie 1938 aus dem Dienst schied. Das Personal nannte sie liebevoll „Old Maud“; für einen Erstling und Einzelgänger hielt sie sich erstaunlich lange.

Bis 1913 folgten etwa 80 weitere C'C-Lokomotiven, alle in Verbundausführung und meist mit Kolbenschiebern für die Hochdruckzylinder; einige wenige hatten auch einen Überhitzer. Sie erwiesen sich aber schnell als für den Streckendienst ungeeignet, da wegen des kurzen Achsstandes die Laufeigenschaften zu wünschen übrig ließen; als Schiebe- oder Abdrücklokomotiven eigneten sie sich aber gut.

Als einsetzende Gesellschaften sind neben der Baltimore & Ohio RR Comp. die Denver & Salt Lake, die Denver North Western & Pacific Rw., die Kansas City Southern Rw. Comp., die Lake Terminal RR, die New York Central und die Virginian Rw. Comp. bekannt.

Die Reihe L1 der Erie RR

Die 1906/07 von Alco an die Erie RR gelieferten Mallet-Verbundlokomotiven der Reihe L1 mit den Betriebsnummern 2600 bis 2602 sollen die ersten D'D-Maschinen in den USA und zugleich die einzigen „Camelback“-Mallets gewesen sein.

Hier einige technische Daten: Zylinderdurchmesser 635 mm bzw. 991 mm, Hub 711 mm, Kuppelraddurchmesser 1295 mm, Kesseldruck 1,51 MPa (15,1 kp/cm²), Rostfläche 9,3 m², Heizfläche 495 m², Dienstmasse 186 t, Zugkraft 400 kN (40 t) bei Verbund- und 470 kN (47 t) bei Einfachdehnung.

Die L1 standen auf den Rampen der Delaware & Susquehanna Division im Schiebedienst, wobei sich das Fehlen eines Stokers bei der großen Rostfläche als sehr nachteilig bemerkbar machte; 1921 verwandelte sie ein Umbau unter Zufügung von Laufachsen in konventionelle Lokomotiven mit hinten angeordnetem Führerhaus.

Neben der Erie RR erhielt zwischen 1911 und 1913 auch die Baltimore & Ohio RR Comp. Maschinen dieser Achsfolge. Ebenso wie die C'C-Lokomotiven erwiesen sich die D'D-Einheiten wegen der ohne Laufachsen ausgebildeten Frontmaschinengruppe aber als ungeeignet für den Streckendienst, so daß sie

bald in den Schiebe- und Abdrückdienst abwanderten. Bis 1920 entstanden etwa 150 Stück dieser Bauart.

Die Reihe 1800 der Great Northern

1906 lieferte Baldwin an die Great Northern erstmals zwei Mallet-Lokomotiven der Achsfolge (1'C)C1'; mit dieser Achsanordnung begann der eigentliche Durchbruch der Gelenklokomotive, entstand doch damit eine an die Bedürfnisse der USA-Bahnen gut angepaßte und deshalb sehr beliebte Bauform. Es existierten zwei große Untergruppen, zum einen die aus C'C- und (1'C)C-Lokomotiven entwickelten Typen mit über den hinteren Kuppelachsen liegender Feuerbüchse und eng angesetzter Schleppachse und zum anderen diejenigen, bei denen die Feuerbüchse frei über der Schleppachse ruhte.

Nach den beiden Prototypen beschaffte die Great Northern bis 1908 mehrere Serien dieser Maschinen als Reihe 1800, die im schweren Güterzugdienst auf den Rampen der Rocky und Cascade Mountains die bisher in Doppeltraktion laufenden „Consolidation's“ ersetzten. Die Verbundmaschinen hatten Zylinder von 508 mm bzw. 787 mm Durchmesser bei 762 mm Hub, Walschaert-Steuerung, Flachschieber an allen vier Zylindern, Kuppelräder von 1448 mm Durchmesser (nach anderen Quellen 1397 mm Durchmesser) und einen Belpaire-Kessel ohne Überhitzer mit über der letzten Kuppelachse angeordneter Feuerbüchse. Der Kesseldruck belief sich auf 1,41 MPa (14,1 kp/cm²), die Rostfläche auf 7,25 m² und die Heizfläche auf 526,2 m². Bei 150,8 t Dienst- und 143,1 t Reibungsmasse brachte es die Reihe 1800 auf eine Zugkraft von 247 kN (24,7 t).

Die Reihe MM-2 der Southern Pacific

Auf den Bergstrecken der Southern Pacific existierten zahlreiche Tunnel und Lawinenschutzbauten von solcher Länge, daß darin die Rauchkonzentration beim Durchfahren Werte erreichte, die zum Tragen von Gasmasken zwangen.

In dieser Situation erinnerte man sich an die „cab-first“-Lokomotiven der North Pacific Coast RR, einer Schmalspurbahn, auf der eine Maschine nach den Patenten von *William Thomas* mit vornliegendem Führerstand lief. Auch Italien pflegte vor dem er-

sten Weltkrieg diese Bauform, ohne daß sie sich durchzusetzen vermochte. Sie ließ sich mit der Kohlefeuerung nicht richtig verbinden; vor allem scheiterte ihre Einführung aber am Widerstand der bei Unfällen besonders gefährdeten Lokmannschaften.

Bei der Southern Pacific lagen die Verhältnisse insofern günstiger, weil wegen der dort üblichen Ölfeuerung der Brennstoffvorrat auf dem Tender verbleiben konnte; bei der mäßigen Streckenbelegung spielte auch die Unfallgefahr keine entscheidende Rolle.

So lieferte Baldwin 1911 zwölf ölgefeuerte (1'C)C1'-Mallet-Verbundlokomotiven der Reihe MM-2 mit vornliegendem Führerhaus. Diese Maschinen liefen mit dem Stehkessel und der starren Maschinengruppe voraus, eine Anordnung, die sich gut bewährte und bei den Lokomotiven der Southern Pacific noch öfter Anwendung finden sollte.

Als wichtigste technische Daten sind bekannt: Zylinderdurchmesser 635 mm bzw. 965 mm, Hub 711 mm, Kuppelraddurchmesser 1600 mm, Kesseldruck 1,41 MPa (14,1 kp/cm²), Rostfläche 6,5 m², Heizfläche 661,9 m², Dienstmasse 172 t, Reibungsmasse 143 t.

1931 erfolgte bei einem Teil der MM-2-Flotte ein Umbau auf einfache Dampfdehnung; außerdem erhielten sie zur Verbesserung der Laufeigenschaften ein führendes Drehgestell. Die Zylinderabmessungen änderten sich auf 559 mm Durchmesser und 711 mm Hub, die Dienstmasse stieg auf 192,2 t; mit einer Reibungsmasse von 162 t konnte eine Zugkraft von 337 kN (33,7 t) erzielt werden.

Im Jahre 1933 zwischen Jersey City und Chicago durchgeführte Testfahrten ergaben für die 1580 km lange Strecke mit einer Wagenzugmasse von 3000 t eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 45 km/h. Bei 68 km/h gaben die Loks ihre höchste Leistung von 2574 kW (3500 PS) ab; gelegentlich fuhren sie mit Geschwindigkeiten bis zu 97 km/h. Mit neuen Kesseln für einen Dampfdruck von 1,48 MPa (14,8 kp/cm²) ausgerüstet, dienten sie noch während des zweiten Weltkrieges als Güterzuglokomotiven.

Die Reihe H-6 der Chesapeake & Ohio

Die Leistungs- und Anpassungsfähigkeit des

(1'C)C1'-Typs zeigte sich eindrucksvoll auch dadurch, daß die letzten in den USA hergestellten Gelenklokomotiven diese Achsanordnung besaßen. Dabei handelte es sich um für die Chesapeake & Ohio von Baldwin gebaute Verbundlokomotiven der Reihe H-6, deren Entwurf auf das Jahr 1920 zurückging und die im März 1921 erstmals von Richmond zur Auslieferung gelangten.

Da die Chesapeake & Ohio nach dem zweiten Weltkrieg dringend neue Lokomotiven für den Kohletransport benötigte, die bis dahin verwendeten (1'C)C1'-Maschinen aber schon 30 bis 35 Jahre in Dienst standen, bestellte sie 1948 25 Stück bei Baldwin. Wegen verschiedener Schwierigkeiten kürzte die Bahn die Bestellung auf zehn Einheiten, die ab September 1949 das Werk mit den Betriebsnummern 1300 bis 1309 verließen und die zugleich die letzten Dampflokomotiven waren, die Baldwin für den USA-Bedarf baute. Es ist bemerkenswert, daß ausgerechnet die guten, alten in Verbundwirkung arbeitenden Mallets alle anderen Dampflokomotiven der Chesapeake & Ohio überlebten.

Die H-6 des Baujahres 1949 hatten Zylinder von 559 mm bzw. 889 mm Durchmesser bei 813 mm Hub, der Treibraddurchmesser war 1422 mm, der Kesseldruck 1,48 MPa (14,8 kp/cm²), die Rostfläche 6,8 m², die Heizfläche 449,5 m², zuzüglich 91 m² für den Überhitzer, die Dienstmasse der 30,08 m langen Lok 166,1 t, die Reibungsmasse 156,2 t und die Zugkraft 423 kN (42,3 t) bei Einfach- und 353 kN (35,3 t) bei Verbundwirkung. Der vierachsige Drehgestellträger nahm 14,5 t Kohle und 45,4 m³ Wasser auf.

Insgesamt entstanden etwa 1300 Maschinen der (1'C)C1'-Bauart. In Entwurf einfach gehalten, blieben die Wartungskosten gering; solange die Geschwindigkeit 40 km/h nicht überschritt, liefen die Verbundlokomotiven sehr zufriedenstellend; die in einfach wirkender Bauart ausgeführten Typen erreichten auch höhere Geschwindigkeiten.

Über große Flotten verfügten besonders die Chicago, Milwaukee, St. Paul & Pacific, die Chesapeake & Ohio, die Norfolk & Western und die Buffalo, Rochester & Pittsburgh Rw. Comp.

Die Reihe 1300 der Atchison, Topeka & Santa Fe

Gelenklokomotiven mit unterschiedlicher Kuppelachszahl der beiden Maschinengruppen blieben immer eine Rarität. 1909 baute Baldwin für die Atchison, Topeka & Santa Fe zwei (2'B)C1'-Schnellzuglokomotiven mit den Betriebsnummern 1300 und 1301.

Ihr Verbundtriebwerk mit Zylindern von 610 mm bzw. 965 mm Durchmesser bei 711 mm Hub arbeitete auf 1854 mm große Kuppelräder: die größten je bei Mallets verwendeten. Auch das führende Drehgestell kannte man bis dahin nicht; es sollte erst 1936 wieder Anwendung finden. Der Kessel für einen Dampfdruck von 1,41 MPa (14,1 kp/cm²) hatte als Besonderheit eine Jacobs-Shupert-Feuerbüchse mit einem 4,88 m² großen Rost, 442,3 m² Heiz- und 74,2 m² Überhitzerfläche. Von der Dienstmasse von 168,1 t ruhten 119,7 t auf den Kuppelrädern.

Da die vordere Kuppelradgruppe nicht genügend belastet werden konnte, neigte sie sehr zum Schleudern, gesteigert noch durch die Empfindlichkeit des Verbundsystems. Beide Maschinen beförderten den Luxuszug „California Ltd.“ auf einer Strecke, die infolge fast ununterbrochener Steigungen 1500 m Höhenunterschied überwand, wobei die Durchschnittsgeschwindigkeit bei 42 km/h lag. Insgesamt gesehen, befriedigten beide Lokomotiven nicht; 1924, nach anderen Angaben schon 1915, fand deshalb ein Umbau in „Pacific“-Lokomotiven statt.

Die Reihen M1 und M2 der Great Northern

Auch die Great Northern erprobte mit ihren 1909/10 von Baldwin in drei Serien als Reihen M1 und M2 gelieferten 30 (1'C)D-Verbundlokomotiven mit den Betriebsnummern 1930 bis 1959 eine ungewöhnliche Achsfolge.

Baldwin wählte Zylinder von 584 mm bzw. 889 mm Durchmesser bei 813 mm Hub, Kuppelräder von 1397 mm Durchmesser und einen Belpaire-Kessel für 1,41 MPa (14,1 kp/cm²) Dampfdruck sowie mit 7,25 m² Rost-, 306 m² Heiz- und 55,7 m² Überhitzerfläche. Bei 167,4 t Dienst- und 159 t Reibungsmasse belief sich die Zugkraft auf 339 kN (33,9 t). Ihr Einsatz erfolgte vor schweren Erzzügen

zwischen Mesabi Iron Range und Superior in Wisconsin; sie bewährten sich gut und blieben nach einer Umrüstung auf Einfachdehnung in den Jahren 1926/27 bis 1935, nach anderen Angaben bis nach 1945 im Einsatz.

Andere (1'C)D-Lokomotiven

Die Southern und die Alabama Great Southern RR verfügten ebenfalls über ein von Baldwin gebautes und an die Great-Northern-Maschinen angelehntes Exemplar. Auch auf der Erie RR lief eine (1'C)D-Lokomotive, die als Umbau aus einer 1'D unter Zufügung einer neuen Frontmaschinengruppe entstand. Sie blieb erfolglos und wurde in eine D-Rangierlokomotive umgebaut. Ebenso erging es der ab 1911 auf der Baltimore & Ohio RR Comp. eingesetzten Lokomotive mit 1422 mm großen Kuppelrädern, deren Grundlage ebenfalls eine 1'D bildete. Sie erhielt die Reihenbezeichnung O-odd und die Betriebsnummer 2421, die sich 1915 in KL-1 und 7010 änderten. 1917 wurde sie in den Ursprungszustand versetzt.

Die (2'B)C1'-Maschine der Reihe MK-1 der Baltimore & Ohio RR Comp. sei wegen ihres Wasserrohrkessels hier nur kurz erwähnt, ihre Besprechung erfolgt in einem späteren Abschnitt.

Die Reihe AC1 der Southern Pacific

Baldwin schuf 1909 den (1'D)D1'-Typ, von dem drei Maschinen an die Union Pacific und die Oregon Railroad & Navigation Comp. und zwei an die Southern Pacific übergeben wurden. Die beiden ersten Gesellschaften kamen mit ihnen nicht zurecht; dagegen fand die Southern Pacific in ihnen gerade jene Bauart, die sie für ihre Bergstrecken über die Sierras von Kalifornien aus benötigte.

Für die als AC1 eingestuftten Einheiten wählte man Zylinder mit einem Durchmesser von 660 mm bzw. 1016 mm bei 762 mm Hub, Kuppelräder von 1448 mm Durchmesser, einen Kesseldruck von 1,4 MPa (14 kp/cm²), eine Rostfläche von 6,35 m², 585 m² Heiz- und 60,9 m² Überhitzerfläche und realisierte eine Dienstmasse von 193 t sowie eine Zugkraft von 370 kN (37 t). Spätere Serien aus den Jahren 1911 bis 1913 der Reihen AC2 und AC3 erhielten größere Rost- und

Heizflächen; 1928 baute man sie in Maschinen mit vornliegendem Führerstand um. Die (1'D)D1'-Verbundlokomotive wies wegen ihrer guten Masseverteilung und dank dem langen Achsstand bei Geschwindigkeiten bis zu 40 km/h gute Laufeigenschaften auf. Nahezu alle Gebirgsbahnen in den USA setzten sie in der Folge mit positiven Ergebnissen ein; von wenigen Ausnahmen abgesehen, überstieg der Kuppelraddurchmesser nie 1448 mm. Allerdings ragte die Feuerbüchse noch über die letzte Kuppelachse hinaus nach vorn, so daß sie relativ flach mit kleinem Aschkasten ausfiel.

Die HH1s der Pennsylvania RR Comp.

Vier einfach wirkende Zylinder kamen erstmals 1911 für eine Versuchslokomotive der Reihe HH1s zur Anwendung, die Alco für die Pennsylvania RR Comp. baute; die Maschine mit der Betriebsnummer 3396 blieb aber vorerst ein etwa 15 Jahre zu früh erschienener Einzelgänger.

Allerdings waren die Amerikaner nie Freunde des Verbundsystems; billige Rohstoffe erlaubten es ihnen, auf maximale Wirtschaftlichkeit zugunsten größerer Einfachheit zu verzichten. Mit der Einführung des Heißdampfes verringerten sich zudem die Vorteile des Verbundsystems so weit, daß man es bei den Mallet-Lokomotiven weigend aufgab, zumal in manchen Fällen die bis auf 1200 mm Durchmesser angewachsenen Niederdruckzylinder das Umgrenzungsprofil zu überschreiten drohten. Die Spielart der Mallet-Lokomotive ohne Verbundwirkung nannte man in den USA meist „articulated loc“, also Gelenklok.

Die HH1s hatte Zylinder von 686 mm Durchmesser bei 713 mm Hub; der Kuppelrad-

durchmesser betrug 1420 mm, der Kesseldruck 1,41 MPa (14,1 kp/cm²), die Rostfläche 9 m² und die Heizfläche 573 m², zuzüglich 224 m² für den Überhitzer. Bei 219 t Dienst- und 199 t Reibungsmasse belief sich die Zugkraft bei 17 km/h auf 228 kN (22,8 t). Der vierachsige Drehgestelltender konnte 34 m³ Wasser und 13,5 t Kohle aufnehmen. Der Einsatz erfolgte im Schiebedienst auf einer 1,74%igen, 16 km langen Steigung zwischen Altoona und Galitzin, wobei sie zwei 1'D-Maschinen ersetzte.

Die Reihe H-7 der Chesapeake & Ohio

Auf der Chesapeake & Ohio verhinderten zahlreiche Tunnel die Einführung schwerer Mallet-Verbundlokomotiven, deren Niederdruckzylinder innerhalb des zur Verfügung stehenden Raumes keinen Platz fanden. So entschloß sich die Bahngesellschaft, zum einfach wirkenden System überzugehen, das sich mit den daraufhin entstandenen Maschinen der Reihe H-7 endgültig erfolgreich durchsetzte.

Alco lieferte zwischen Dezember 1923 und März 1924 25 Einheiten aus, denen 1926 weitere 20 von Baldwin gefertigte als H-7a folgten. Sie hatten Zylinder mit einem Durchmesser von 584 mm bei 813 mm Hub; der Kuppelraddurchmesser war 1448 mm; alle Stangen und Achsen bestanden aus hochfestem Vanadiumstahl, die Rahmen aus Stahlguß. Jedes Triebgestell wies einen Achsstand von 4,8 m auf; der Gesamtachsstand der Lok maß 17,7 m. Mit 17,35 m Länge übertraf der Kessel alle bisher bei Alco gebauten; er wies eine 1,75 m lange Verbrennungskammer und einen Großrohrüberhitzer auf. Wegen der knappen Umgrenzungslinie ragten die Dome nur 140 mm und

der Schornstein ganze 292 mm über die obere Kesselkante hinaus.

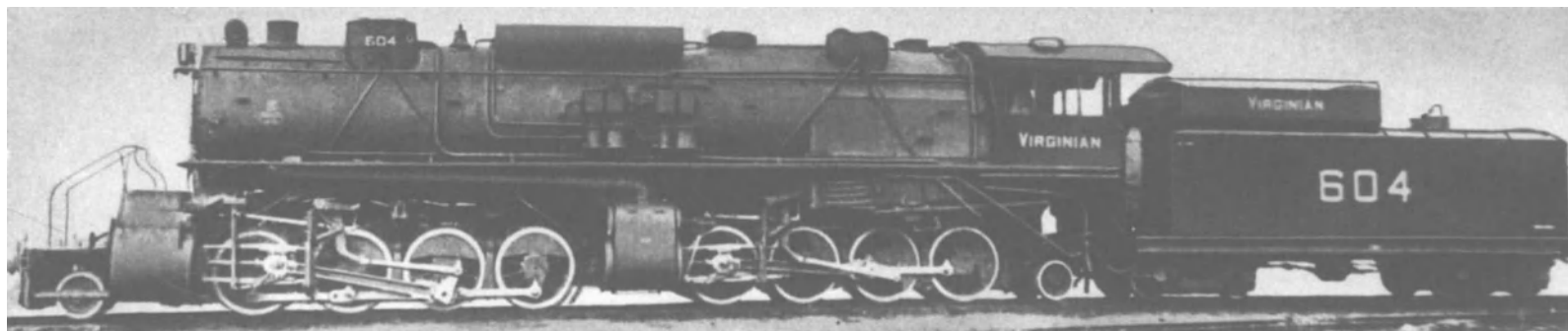
Ausgelegt für 1,44 MPa (14,4 kp/cm²) Dampfdruck, fuhr man später mit 1,51 MPa (15,1 kp/cm²). Die Rostfläche von 10,5 m² erforderte einen entsprechend leistungsfähigen Stoker; die Heizfläche umfaßte 596,6 m². Bei 255,9 t Dienst- und 222,4 t Reibungsmasse betrug die Zugkraft 469 kN (46,9 t) bei 1,44 MPa (14,4 kp/cm²) Kessel- und 492 kN (49,2 t) bei 1,51 MPa (15,1 kp/cm²). Mit 13,6 t Kohle und 45,4 m³ Wasser wog der sechsachsige Drehgestelltender 95,2 t, die Gesamtlänge erreichte stattliche 33,3 m. Für die Fahrt durch die teilweise sehr langen Tunnel bliesen zwei Lüfter Luft aus dem Raum unterhalb der Lok in den Führerstand. Obwohl nur für 55 km/h ausgelegt, konnte man die H-7 durchaus auch mit 80 bis 90 km/h fahren.

Trotz guter Bewährung verdrängten die 1930 von Lima gelieferten 1'E2'-Maschinen der Reihe T-1 die H-7 aus einem Teil des Dienstes, und mit der Lieferung der Reihe H-8 in den Jahren 1941/42 fanden sich für die H-7 keine Aufgaben mehr; 30 Exemplare übernahm die Union Pacific und 3 die Richmond, Fredericksburg & Potomac RR; die übrigen 11 überlebten bis 1952.

Die Reihe L-131

der Denver & Rio Grande Western RR Comp.

Besonders große (1'D)D1'-Gelenklokomotiven mit einfacher Dampfdehnung baute Alco 1927/28 für die Denver & Rio Grande Western RR Comp., die zehn Stück als Reihe L-131 übernahm für den schweren Güterzugverkehr auf steilen und krümmungsreichen Strecken zwischen Grand Junction





und Salida bzw. Pueblo. Auf diesen 640 km sollten Züge mit 3000 t Wagenzugmasse z. T. mit Hilfe zweier Schiebelokomotiven befördert werden.

Die Abmessungen der L-131 erreichten beachtliche Werte; Alco wählte Zylinder von 660 mm Durchmesser bei 813 mm Hub und Kuppelräder von 1600 mm Durchmesser; jedes Triebgestell hatte 5,1 m Achsstand; der Gesamtachsstand belief sich auf 19,15 m. Der Kessel mit seiner 1,85 m langen Verbrennungs-, seinen zwei Nicholsonschen Wasserkammern und den drei den Feuer-schirm tragenden Wasserrohren erzeugte Dampf von 1,7 MPa (17 kp/cm²) Druck. Die Feuerbüchse wies die größten bis dahin verwirklichten Abmessungen auf; der Rost bedeckte 12,68 m²; die Heizfläche umfaßte 674,9 m², der Überhitzer 213,2 m². Bei 294,4 t Dienst- und 253,8 t Reibungsmasse konnte mit 70 % Füllung eine Zugkraft von 598 kN (59,8 t) realisiert werden. Der sechssachsige Drehgestellender wog mit 30 t Kohle und 81,8 m³ Wasser 156 t.

Da sich die L-131 gut bewährten, folgten 1930 nochmals zehn Einheiten der leicht verbesserten Reihe L-132.

Die Reihe 250 der Western Pacific RR Comp.

In vielfacher Hinsicht ließ sich die Western Pacific RR Comp. mit der Denver & Rio Grande Western RR Comp. vergleichen; wie bei dieser führte ihre Hauptlinie über die Rocky Mountains durch den berühmten Feather River Canyon. Für die Beförderung schneller Kühlzüge von der Westküste nach Osten über die 64 km lange 2,5%ige Steigung wurden zwei Serien von (1'D)D1'-Lokomotiven bestellt, die Baldwin 1930/31 und 1938 als 251 bis 262 lieferte. Ausgestattet mit Scheibenrädern, Stahlgußrahmen u. a., blieben sie die letzten (1'D)D1'-Maschinen mit Einfachdehnung.

Ihre technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser 660 mm, Hub 813 mm, Kuppelraddurchmesser 1600 mm, Kesseldruck 1,65 MPa (16,5 kp/cm²), Rostfläche 13,5 m², Heizfläche 633,4 m², Überhitzerfläche 200 m², Dienstmasse 297 t, Reibungsmasse 246 t.

Die Reihe Y-6b der Norfolk & Western

Im Gegensatz zu vielen anderen Bahngesellschaften in den USA blieb die Norfolk & Western der Verbundanordnung treu; noch

1952 entstanden in den bahneigenen Werkstätten in Roanoke in Weiterentwicklung der ab 1918 dort oder bei Alco gebauten Reihen Y-2 bis Y-6 die letzten (1'D)D1'-Maschinen überhaupt als Reihe Y-6b mit den Betriebsnummern 2181 bis 2200. Alle Reihen hatten identische Zylinder- und Kuppelradmaße, differierten aber als Folge der technischen Weiterentwicklung in zahlreichen Details. Die Y-6b, bestimmt für den Güterzugdienst in gebirgigem Gelände, vereinte in sich zahlreiche moderne Bauelemente, wie Stahlgußrahmen mit angegossenen Zylindern, Rollenlager an allen Achsen und mechanische Schmierung.

Hier die technischen Daten der Y-6b: Zylinderdurchmesser 635 mm bzw. 991 mm, Hub 813 mm, Kuppelraddurchmesser 1473 mm, Gesamtachsstand der Lok 17,68 m, Kesseldruck 2,11 MPa (21,1 kp/cm²), Rostfläche 9,9 m², Heizfläche 457 m², Überhitzerfläche 137,5 m², Länge über Kupplung 35,02 m, Dienstmasse 277 t, Reibungsmasse 248,5 t, Zugkraft in Verbundwirkung 572 kN (57,2 t), Zugkraft in Einfachwirkung 689 kN (68,9 t), sechssachsiger Drehgestellender für 30 t Kohle und 83,5 m³ Wasser bei 171,7 t Dienstmasse, Höchstgeschwindigkeit 80 km/h. Insgesamt liefen auf den Eisenbahnen der

USA etwa 700 (1'D)D1'-Lokomotiven, davon mehr als 600 in Verbundanordnung arbeitende.

Die Reihen EL-1 bis EL-6 der Baltimore & Ohio RR Comp.

Die ersten (1'D)D-Mallet-Lokomotiven entstanden wahrscheinlich aus D'D-Maschinen, um durch die Zufügung einer Laufachse bessere Fahreigenschaften zu erzielen. Relativ kurz ausgefallen, liefen sie ziemlich hart; auch Feuerbüchse und Aschkasten blieben in ihrer Größe beschränkt, obwohl sie hier besser abschnitten als beim (1'C)C-Typ.

Als erste Neubaulokomotiven erschienen die 86 zwischen 1916 und 1919 von Baldwin gefertigten EL-1 bis EL-6 für den schweren Güterzugdienst speziell über die Alleghenies bei der Baltimore & Ohio RR Comp. Alle hatten Überhitzung, die frühen Baujahre Flachschieber, die späteren Kolbenschieber an den Hochdruckzylindern. Die EL-6 erhielt größere Kuppelräder, und in den 30er Jahren baute sie die Bahn auf Einfachwirkung mit den Reihenbezeichnungen EL-1a bis EL-6a um.

Die Reihe 3600 der Union Pacific

Der zweite Hauptnutzer des (1'D)D-Typs war die Union Pacific, die 55 Exemplare als Nummern 3600 bis 3654 beschaffte. Sie entsprachen weitgehend den Maschinen der Baltimore & Ohio RR Comp. und erlebten ebenfalls eine Umrüstung auf Einfachwirkung; die Betriebsnummern änderten sich danach in 3500 bis 3554.

Die Reihen N-1 bis N-3 der Great Northern

25 (1'D)D-Lokomotiven gingen 1913 von Baldwin an die Great Northern; sie hatten Belpaire-Kessel, Verbundwirkung, Überhitzung und Kolbenschieber an allen Zylindern. Auch diese Maschinen rüstete die Bahn schließlich auf Einfachdehnung um, und 1940/41 lieferte die Bahnwerkstatt weitere 25 Exemplare. Die Original-Verbund-Mallets bezeichnete man als N-1, die umgebauten als N-2 und die Neubauten als N-3.

Die HC1s der Pennsylvania RR Comp.

Für ihre rauen Bergregionen beschaffte die Pennsylvania RR Comp. auch einige Mallet-

Versuchslokomotiven, zu denen auch die mit zu den ersten einfach wirkenden Maschinen zählende HC1s mit der Betriebsnummer 3700 gehörte. Entstanden in den Juanita-Bahnwerkstätten im Jahre 1919, wies sie einige unübliche Detaillösungen auf, zu denen auch der Belpaire-Kessel mit einem maximalen Durchmesser von 2692 mm zählte; er verlief nach beiden Seiten hin konisch.

Die HC1s hatten Zylinder von 775 mm Durchmesser bei 813 mm Hub, Kuppelräder von 1575 mm Durchmesser, einen Kessel für 1,75 MPa (17,5 kp/cm²) Dampfdruck mit 10,4 m² großem Rost und 619 m² Heizfläche, zuzüglich 291,6 m² für den Überhitzer; die Dienstmasse belief sich auf 260,5 t, die Reibungsmasse auf 244,6 t und die Zugkraft auf 612 kN (61,2 t). Der vierachsige Drehgestellender konnte 48,8 m³ Wasser aufnehmen und wog 99,2 t.

Zur Zeit des Baues handelte es sich um die größte Lokomotive der Welt, und während ihres Einsatzes gab es vielfach Schwierigkeiten mit den zu jener Zeit teilweise noch zu schwachen Wagenkupplungen. So wanderte sie in den Schiebedienst ab und schied Anfang der 30er Jahre, bedingt auch durch hohe Wartungskosten, aus.

Die Reihe 800 der Virginian Rw. Comp.

Die 10 (1'E)E1-Mallet-Lokomotiven, die Alco 1918 für die Virginian Rw. Comp. mit den Betriebsnummern 800 bis 809 baute, verwirklichten wohl die maximale Kuppelachszahl bei Verwendung von Verbundzylindern und bei Beibehaltung der konventionellen Bauweise. Entwickelt für Einsätze im niedrigen Geschwindigkeitsbereich und auf Steigungen bis zu 1,2 %, hielten sie sich im Gesamtentwurf, abgesehen von den Abmessungen, durchaus im Rahmen des Üblichen.

Die Niederdruckzylinder mit 1219 mm Durchmesser bei 813 mm Hub blieben die größten, die je im Dampflokotivbau angewendet wurden. Zusammen mit den Hochdruckzylindern von 762 mm Durchmesser bei ebenfalls 813 mm Hub entstanden Kolbenkräfte, die zu sehr massiven beweglichen Teilen führten, die innerhalb der nur 1422 mm großen Kuppelräder gewichtsmäßig nicht voll ausgleichbar waren. Der für 1,5 MPa (15 kp/cm²) Druck ausgelegte Kessel konnte mit einem Höchstdurchmesser

von 3010 mm und mit 792,3 m² Heizfläche Werte repräsentieren, die ebenfalls nie wieder erreicht werden sollten; seine Überhitzerfläche von 197 m² und der 10,1 m² umfassende Rost fielen dagegen nicht ungewöhnlich umfangreich aus; an die Feuerbüchse schloß sich eine Verbrennungskammer an. Mit 315 t Dienstmasse ohne und 415 t mit Tender übertrafen selbst viel später entwickelte Maschinen diese Giganten nur selten. In Verbundwirkung arbeitend, standen bei einer Reibungsmasse von 280,1 t eine Zugkraft von 666 kN (66,6 t) und bei Einfachdehnung eine von 793 kN (79,3 t) zur Verfügung.

Die bei 29,57 m Gesamtachsstand 32,5 m langen Lokomotiven kamen vorwiegend im Schiebedienst zum Einsatz, wobei manchmal zwei dieser Riesen zusammen mit einer (1'D)D-Lokomotive Kohlenzüge von 15000 t Wagenzugmasse über mäßige Steigungen brachten; Langläufe gab es nur selten; dabei beförderte einmal eine einzige Lokomotive einen aus 201 Wagen bestehenden Leerzug von 5100 t Wagenzugmasse und einer Länge von 2,8 km in 7,5 Stunden über eine Distanz von 190 km.

Nach der Elektrifizierung der Stammstrecke im Jahre 1925 verschwanden sie von der Steilstrecke bei Clark's Gap; in weniger bedeutenden Diensten hielten sie sich bis 1936, nach anderen Angaben sogar bis 1949.

Ihre großen Abmessungen und die Auslegung für niedrige Geschwindigkeiten beschränkte den (1'E)E1'-Typ auf nur eine Bahngesellschaft. Mit der Verschrottung der letzten Einheit, angeblich erst 1958, verschwand die einzige Mallet-Bauart mit 10 gekuppelten Achsen.

Die Reihe Z-5 der Northern Pacific Rw. Comp.

Ende der 20er Jahre benötigte die Northern Pacific Rw. Comp. leistungsfähige Lokomotiven, die auf den Strecken durch North Dakota und Montana die bisherige Doppeltraktion sowie den Schiebedienst stark reduzieren sollten. Züge von 4000 t Wagenzugmasse mußten dazu über 1,1%ige Steigungen gebracht werden, was unbedingt acht Kuppelachsen erforderte. Die benötigte hohe Leistung zusammen mit dem niedrigen

Heizwert einer nur geringwertigen Kohlesorte bedingte eine Rostfläche von 16,9 m², der größten je verwendeten, die wiederum zwingend ein hinteres Schleppgestell verlangte, so daß sich die erstmals in den USA ausgeführte Achsfolge (1'D)D2' ergab.

Vier einfach wirkende Zylinder von 660 mm Durchmesser bei 813 mm Hub wirkten auf 1600 mm große Kuppelräder. Der mit 5200 Stehbolzen ausgerüstete Kessel für 1,75 MPa (17,5 kp/cm²) Druck bewährte sich trotz seiner überaus großen Abmessungen; die Heizfläche umfaßte 712 m², zuzüglich 300 m² für den Überhitzer. Eine Verbrennungs-, fünf Wasserkammern und ein leistungsfähiger Stoker sorgten für gute Dampfentwicklung. Mit 322 t Dienst- und 249 t Reibungsmasse erzielte man bei 70%iger Füllung eine Zugkraft von 635 kN (63,5 t), die sich mit Hilfe des Boosters noch um 60,3 kN (6,03 t) steigern ließ. Bei 179 t Dienstmasse konnte der sechssachsige Drehgestellender 27 t Kohle und 95,4 m³ Wasser aufnehmen.

1928 verließ der Prototyp, eingeordnet als Reihe Z-5 mit der Betriebsnummer 5000, Baldwins Werkhallen; nach längerer Erprobung folgten 1930 zwölf weitere Exemplare mit den Betriebsnummern 5001 bis 5011. Noch 1941 erhielten alle neue Rahmen und wälzgelagerte Achsen und standen danach noch einige Zeit in Dienst. Ihr Beiname „Yellowstone“ ging später als Typenkenntung auf alle (1'D)D2'-Gelenklokomotiven über.

Die Reihen AC-4 bis AC-8 und AC-10 bis AC-12 der Southern Pacific

1928 baute Baldwin zehn Maschinen mit vornliegendem Führerstand, die, obwohl der Achsfolge 2'D(D1') zugehörend, hier besprochen werden sollen, da es sich um rück-

wärts fahrende Mallets handelte, als eigentliche Achsfolge also (1'D)D2' gelten muß. Ursprünglich gedacht für die Fahrt zwischen Roseville in Kalifornien und Sparks in Nevada, einer 222 km langen Strecke, die zahlreiche Steigungen aufwies, verkehrten sie bald erfolgreich auch auf anderen Teilen des Southern-Pacific-Netzes.

Der ersten Serie dieser als Reihe AC-4 eingestuft „back-ups“ oder „cab aheads“ folgten 1929 weitere 16 als Reihe AC-5. Alle hatten Zylinder von 610 mm Durchmesser bei 813 mm Hub; der Kuppelraddurchmesser betrug 1613 mm, der Geamtachsstand 20,498 m, der Kesseldruck 1,65 MPa (16,5 kp/cm²), die Rostfläche 12,75 m², die Heizfläche 602 m², zuzüglich 277 m² für den Überhitzer, die Dienstmasse 278,5 t und die Reibungsmasse 215,5 t. Ursprünglich für 70 % maximale Füllung ausgelegt, entwickelten sie eine Zugkraft von 511 kN (51,1 t); ein späterer Umbau auf 81,6%ige Füllung steigerte sie auf fast 530 kN (53 t). Der sechssachsige Vanderbilt-Tender faßte bei 132 t Dienstmasse 61 m³ Wasser und 18,4 t Öl; die Höchstgeschwindigkeit betrug 120 km/h.

25 Exemplare übernahm die Southern Pacific 1930 als AC-6; diese fielen etwas schwerer aus; ihr auf 1,75 MPa (17,5 kp/cm²) gesteigerter Kesseldruck erhöhte die Zugkraft auf 563 kN (56,3 t).

Als Reihe AC-7 mit den Betriebsnummern 4151 bis 4176 lieferte Baldwin 1937 weitere 25 und als AC-8 mit den Betriebsnummern 4177 bis 4204 im Jahre 1939 weitere 28 Lokomotiven aus, bis schließlich in den Kriegsjahren 1942/43 insgesamt 70 Neubauten als AC-10, AC-11 und AC-12 halfen, das emporgeschnellte Transportvolumen zu bewältigen.

Diese letzte Serie mit den Betriebsnum-

mern 4205 bis 4244, 4245 bis 4274 und 4275 bis 4294 hatte kastenförmige Tender.

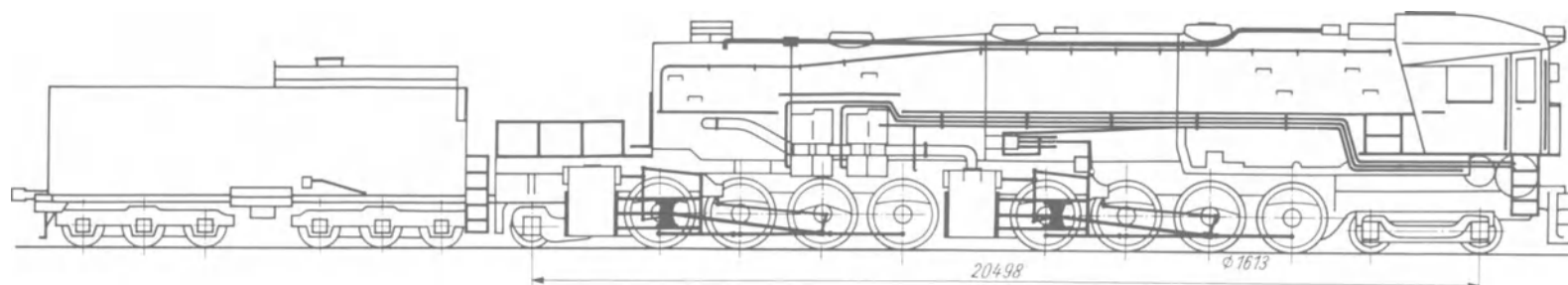
Im Einsatz brachten meist drei AC die schnellen Frachtzüge von 6000 t Wagenzugmasse über die Bergstrecken; dabei führte eine, und zwei liefen im hinteren Drittel des Zuges. Aber auch vor Schnellzügen konnte man sie finden, teilweise sogar in Doppeltraktion. Die erste AC wanderte 1953 in den Schmelzofen, und bis Ende November 1956 standen alle außer Dienst, fanden aber gelegentlich noch für Ersatzzwecke Verwendung. Als allerletzte Fahrt gilt die vom Dezember 1957, als eine AC-12 mit der Betriebsnummer 4276 vor einem Ausflugszug der Historischen Eisenbahngesellschaft lief. Als einzige AC überlebte die 4294 als Denkmal vor dem Sacramento-Bahnhof.

Die Reihe AC-9 der Southern Pacific

Der Vollständigkeit halber seien noch die zwölf 1939 von Lima als 3800 bis 3811 für die Southern Pacific gebauten (1'D)D2'-Maschinen der Reihe AC-9 erwähnt, die, konventionell für Kohlefeuerung ausgelegt, schwere Reise- und Güterzüge zwischen El Paso und Texas und Tucumcari in New Mexico beförderten.

Die Reihen M-3 und M-4 der Duluth, Missabe & Iron Range R.W. Comp.

Es ist weitgehend unbekannt, daß Baldwin für die Duluth, Missabe & Iron Range R.W. Comp. Lokomotiven baute, die Alcos berühmten „Big Boy's“ weitgehend ebenbürtig waren. Bei ihrer Entwicklung legte man weniger Wert auf eine möglichst große Höchstgeschwindigkeit als vielmehr auf eine maximale Zugkraft. Mit 634 kN (63,4 t) bei 85 % Füllung zeigten sie sich Alcos Riesen dann auch leicht überlegen.



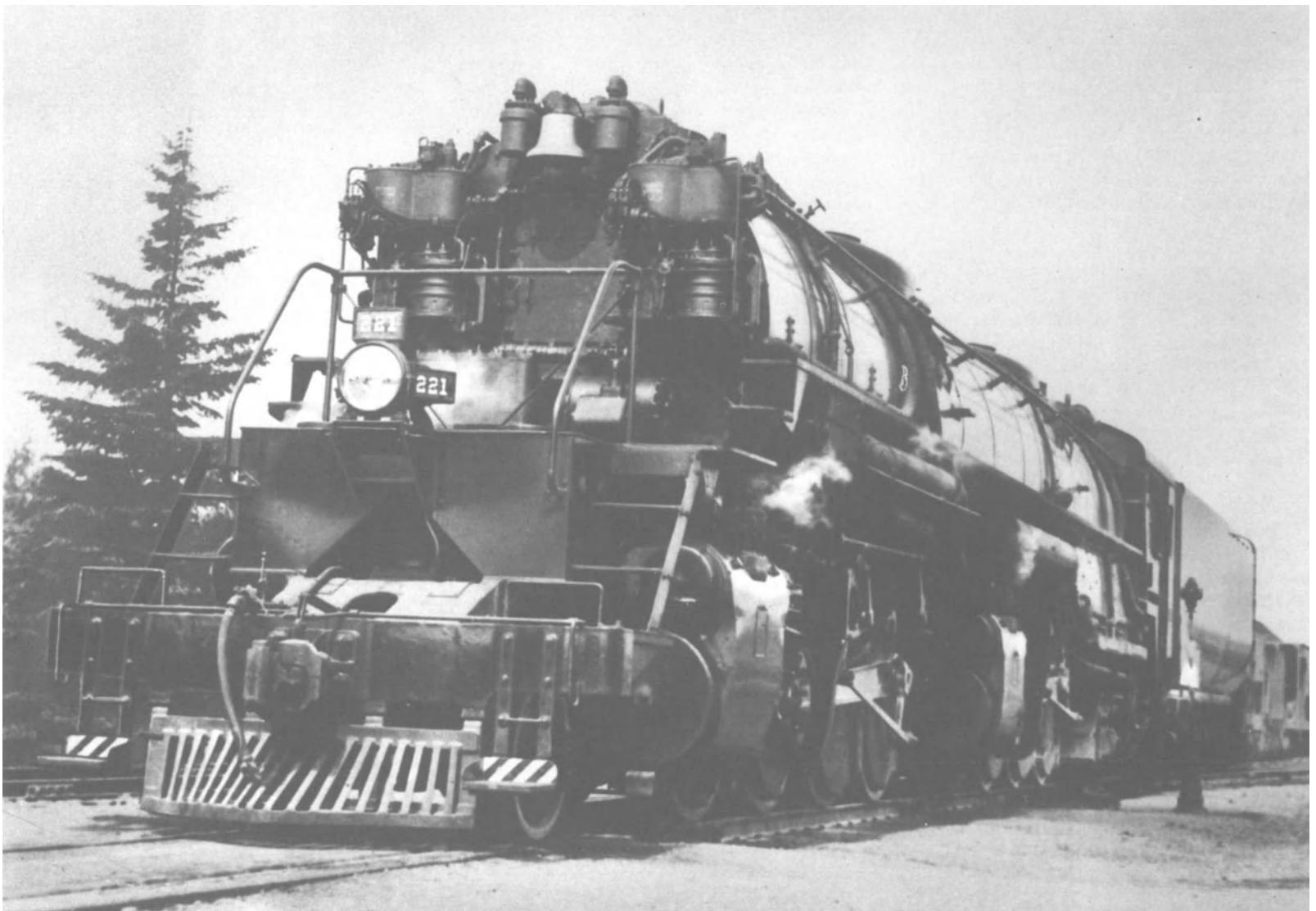
Die acht 1941 in Dienst gestellten (1'D)D2'-Maschinen der Reihe M-3 mit den Betriebsnummern 220 bis 227 hatten vier Zylinder von 660 mm Durchmesser bei 813 mm Hub, Boxpod-Kuppelräder von 1 600 mm Durchmesser, einen Gesamtachsstand von 20,472 m, Bakersteuerung, wälzgelagerte Achsen und Stangen, Stahlgußrahmen mit angegossenen Zylindern und Zentralschmierung. Der leistungsfähige Kessel für 1,69 MPa (16,9 kp/cm²) Dampfdruck wies eine Ver-

brennungskammer, vier Wasserkammern und eine Feuerbrücke auf; sein Rost nahm 11,6 m² ein, die Heizfläche belief sich auf 630 m² und die des Überhitzers auf 257,6 m². Bei einer Länge über Kupplung von 38,913 m betrug die Dienstmasse 314,9 t; davon ruhten 253,8 t auf den Kuppelrädern. Der siebenachsige Steifrahmentender mit führendem Drehgestell und Kohlenachschub-einrichtung konnte bei 197,8 t Dienstmasse 23 t Kohle und 94,6 m³ Wasser aufnehmen, genug, um Durchläufe von 6 000-t-Erzzügen

zwischen Hafen und Grube ohne Wasseraufnahme zu ermöglichen, wobei streckenweise 0,67%ige Steigungen zu überwinden waren.

Die Kohle reichte sogar für die Hin- und Rückfahrt auf der 128 km langen Strecke zwischen Ely bzw. auf den 104 km zwischen Virginia und Two Harbors.

Die M-3 bewährten sich ausgezeichnet, zeigten kaum Mängel, machten gut Dampf und erforderten wenig Wartung. Ihre Leistungsfähigkeit lag trotz verringerten Brennstoff-





und Wasserverbrauchs um 25 % über der der älteren Gelenklokomotiven.

1942 legte man eine zweite Serie als Reihe M-4 auf, von denen neun mit den Betriebsnummern 228 bis 237 Baldwins Werk verließen; bis 1960 waren sowohl die M-3 als auch die M-4 ausgemustert.

Die Reihe EM-1 der Baltimore & Ohio RR Comp.

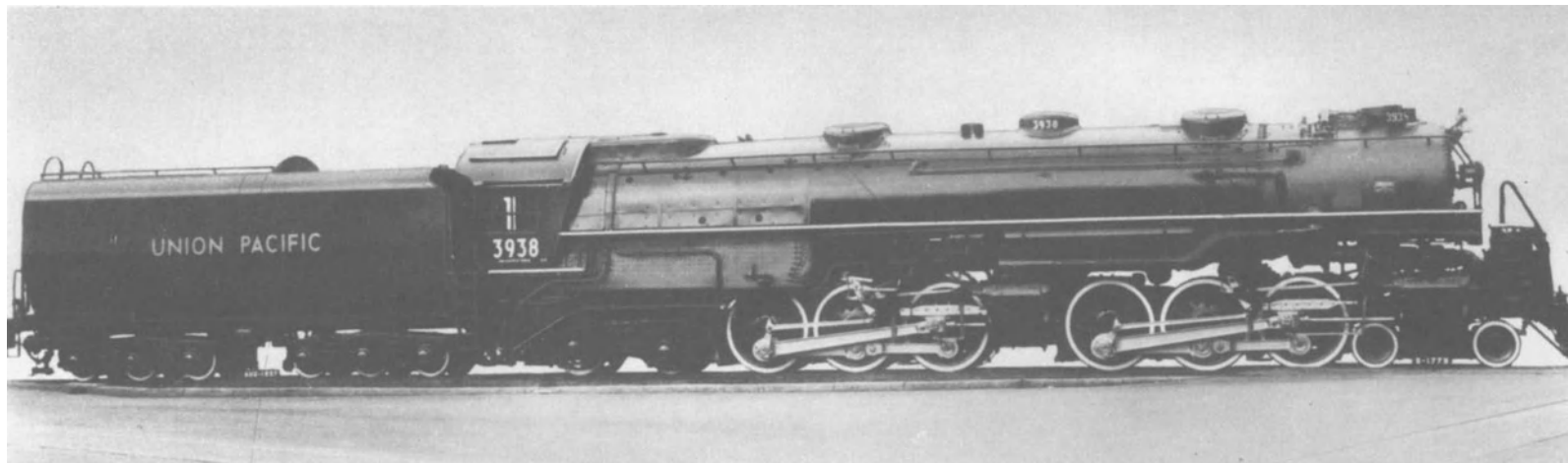
Als die Baltimore & Ohio RR Comp. während des zweiten Weltkrieges kräftige, schnelle Lokomotiven benötigte, kamen dafür Dieselloks nicht in Betracht, da für ihre Herstellung im Vergleich mit einer gleichwertigen Dampflokomotive dreimal soviel

Stahl und eine Unmenge Kupfer benötigt wurden. So entstanden zwischen 1944 und 1945 bei Baldwin 30 Gelenklokomotiven der Reihe EM-1 mit den Betriebsnummern 7600 bis 7629, die, obwohl sie nicht so mächtig wie die M-3 ausfielen, über beachtliche Abmessungen verfügten.

Hier einige technische Daten: Zylinderdurchmesser 610 mm, Hub 813 mm, Kuppelrad-durchmesser 1626 mm, Kesseldruck 1,65 MPa (16,5 kp/cm²), Rostfläche 10,9 m², Heizfläche 483,1 m², Überhitzerfläche 196,8 m², Länge über Kupplung 38,19 m, Dienstmasse 284,8 t, Reibungsmasse 220 t, Zugkraft 522 kN (52,2 t), sechssachsiger Drehgestellender für 81,3 m³ Wasser und 22,7 t

Kohle bei 173 t Dienstmasse. Alle EM-1 hatten Walschaert-Steuerung, eine Verbrennungskammer, fünf Thermosiphons, Speisewasservorwärmer und Wälzlager an allen Lok- und Tenderachsen.

Die EM-1, bei denen es sich um die letzten „Yellowstone“-Lokomotiven handelte, erwiesen sich als sehr leistungsfähig und beförderten Güter- und Reisezüge gleichermaßen gut. Ihr Einsatz erfolgte auf dem westlichen Cumberland-Abschnitt, der auch die berühmte „17-Meilen-Steigung“ von durchschnittlich 2,18 % enthielt. Nach der Ablösung durch Diesellokomotiven liefen die EM-1 hauptsächlich zwischen Fairmont, Wheeling und Lorain im Kohletransport. So



gut sich die Maschinen auch bewährten, mit der neuen Traktionsart konnten sie nicht mithalten; zwischen 1957 und 1960 gab die Bahn sie zur Verschrottung ab.

Die Reihe 1100 der Pittsburgh & West Virginia Rw. Comp.

Lokomotiven mit der Achsfolge (1'C)C2' entstanden erstmals 1935, als Baldwin sieben Stück an die Pittsburgh & West Virginia Rw. Comp. lieferte, denen 1936/37 noch zwei ganz ähnliche Maschinen folgten.

Die Achsfolge (1'C)C2' erlaubte zwar die Verlegung der Feuerbüchse hinter die letzte Kuppelachse, dadurch erwies es sich aber als schwierig, die vordere Maschinengruppe ausreichend zu belasten. Bei Geschwindigkeiten über 95 km/h befriedigten deshalb die Laufeigenschaften nicht mehr, was eine allgemeine Einführung dieses Typs verhinderte; nur etwa 65 Einheiten liefen auf den Bahnen der USA.

Die Lokomotiven der Pittsburgh & West Virginia Rw. Comp. hatten vier einfach wirkende Zylinder von 584 mm Durchmesser und 813 mm Hub, die auf 1600 mm große Kuppelräder wirkten; der Belpaire-Kessel für 1,58 MPa (15,8 kp/cm²) Druck verfügte über eine Rostfläche von 9,6 m² und eine Heizfläche von 545 m², zuzüglich 174 m² Überhitzerfläche. Bei 236 t Dienst- und 177,5 t Reibungsmasse betrug die Zugkraft bei 81,5%iger Füllung 425 kN (42,5 t), bei den mit Boostern ausgestatteten Maschinen stieg sie nochmals um 70 kN (7 t) an.

Die Reihe 1100 diente auf der Strecke Monessen–Connellsville in Pennsylvania dem Kohle- und Erztransport, beförderte aber auch schwere, bisher in Doppeltraktion laufende Reisezüge.

Die Reihen R1 und R2 der Seaboard Air Line RR Comp.

Die Seaboard Air Line RR Comp. kaufte ebenfalls 1935 von Baldwin fünf großrädige (1'C)C2'-Gelenklokomotiven der Reihe R1 mit den Betriebsnummern 2500 bis 2504, bestimmt für den schnellen Güterzugverkehr, wofür Gelenklokomotiven bis dahin als ungeeignet galten. Auf dem 400 km langen Abschnitt zwischen Richmond in Virginia und Raleigh in New York konnte man die Wagenzugmasse um 50 % gegenüber den sonst verwendeten 2'D1'-Maschinen steigern. Dem Verwendungszweck entsprachen die 1752 mm großen Kuppelräder, verschiedene Sondereinrichtungen ermöglichten auch den Einsatz vor Reisezügen.

Hier einige technische Daten: vier einfach wirkende Zylinder von 556 mm Durchmesser bei 762 mm (nach anderen Quellen 813 mm) Hub, Kessel mit Verbrennungskammer und zwei Wassertaschen, Kesseldruck 1,63 MPa (16,3 kp/cm²), Gesamtheizfläche 739 m², Dienstmasse 217 t, Reibungsmasse 149 t, Zugkraft bei 81,5 % Füllung 380 kN (38 t), Tendervorräte 72 m³ Wasser und 23 t Kohle, Tenderdienstmasse 134,6 t.

1937 fertigte Baldwin als Reihe R2 mit den Betriebsnummern 2505 bis 2509 nochmals

fünf Einheiten, deren Kessel zur rascheren Dampfentwicklung vor Steigungen nunmehr drei Wassertaschen hatte.

Nach dem Einsatz durch Diesellokomotiven um das Jahr 1950 herum übernahm die Baltimore & Ohio RR Comp. die Maschinen als Reihe KB1 und KB1a mit den Betriebsnummern 7700 bis 7709. Dank ihrer mäßigen Achsfahrmasse, der ansprechenden Höchstgeschwindigkeit und der Leistung von 4416 kW (6000 PS) blieben sie noch lange erhalten.

Die Reihe A der Norfolk & Western

Die Eilgüterzuglokomotiven der Reihe A der Norfolk & Western bildeten den Höhepunkt in der Entwicklung des (1'C)C2'-Typs. Gebaut ab 1936 in den eigenen Werkstätten, wiesen sie viele moderne Baumerkmale auf, wie Stahlgußrahmen, Wälzlager, Bakersteuerung und Kraftumsteuerung.

Vier Zylinder von 610 mm Durchmesser bei 762 mm Hub wirkten auf Kuppelräder von 1778 mm Durchmesser; der Gesamtachsstand betrug 18,4 m. Der leistungsfähige Kessel für 1,93 MPa (19,3 kp/cm²) Druck verfügte über vorzügliche Verbrennungseigenschaften; eine Verbrennungskammer sorgte für gute Dampfentwicklung. Seine Rostfläche war 11,35 m², die Heizfläche 617 m² und die Fläche des Überhitzers 251 m² groß. Bei 260 t Dienst- und 196 t Reibungsmasse erzielte sie bei 75%iger Füllung eine Zugkraft von 470 kN (47 t); der sechssachsige Drehgestellender konnte bei 172 t Dienstmasse

81,3 m³ Wasser und 23,6 t Kohle aufnehmen; er brachte die Länge über Kupplung auf 37,12 m.

Nach zwei Prototypen mit den Betriebsnummern 1200 und 1201 aus dem Jahre 1936 kam 1937 die Serie 1202 bis 1209 und 1943/44 die Serie 1210 bis 1234 zur Auslieferung; den Abschluß bildeten die Maschinen mit den Betriebsnummern 1235 bis 1242 aus dem Jahre 1950. Ab Baujahr 1943 verwendete die Norfolk & Western Hochleistungskessel für 2,11 MPa (21,1 kp/cm²) Dampfdruck; damit stieg die Zugkraft auf 517 kN (51,7 t); die Dauerleistung bei 72,4 km/h belief sich auf 4637 kW (6300 PS). Diese Lokomotiven zeigten sich im Einsatz als außerordentlich leistungsfähig; sie vermochten einen 4350-t-Zug auf einer 0,5%igen Steigung mit 40 km/h und einen von 6800 t in der Ebene mit über 100 km/h zu fahren

Die Reihe 3900 und 3950 der Union Pacific

Obwohl die Union Pacific mit ihren Sechskupplern recht zufrieden war, suchte sie in den 30er Jahren leistungsfähige Lokomotiven, ohne die Nachteile der 2'F1'-Typen, wie Drillingstriebwerk, langer Achsstand usw., in Kauf nehmen zu müssen. Alco, als Produzent kräftiger Maschinen bekannt, wurde konsultiert, und unter Berücksichtigung der schon bekannten (1'C)C2'-Lokomotiven entstand die neue Gattung des (2'C)C2'-„Challenger“-Typs.

Bei diesem konnte die Dienstmasse auf beide Maschinengruppen ziemlich gleichmäßig verteilt werden, was im Zusammenhang mit dem führenden Drehgestell zu guten Laufeigenschaften auch bei höheren Geschwindigkeiten führte. Deswegen baute man diese Lokomotiven meist mit 1 753 mm großen Kuppelrädern, die aber den Achsstand so verlängerten, daß die Feuerbüchse teilweise über der letzten Kuppelachse lag. Obwohl sie dadurch relativ niedrig ausfiel, sorgten eine Verbrennungskammer und die bewährten Stoker trotzdem für eine gute Dampfentwicklung. Alle „Challenger“ hatten im übrigen einfach wirkende Triebwerke.

1936 lieferte Alco dann 15 Stück der Reihe 3900 mit den Betriebsnummern 3900 bis 3914 aus, denen 1937 noch einmal 25 als 3915 bis 3939 folgten. Sie hatten Zylinder

von 559 mm Durchmesser bei 813 mm Hub und Boxpod-Scheibenräder von 1753 mm Durchmesser; der Achsstand belief sich auf 18,26 m. Der fast vollkommen geschweißte Kessel für 1,79 MPa (17,9 kp/cm²) Dampfdruck enthielt eine Verbrennungskammer und zahlreiche bewegliche Stehbolzen; sein Rost umfaßte 10 m², die Heizfläche 499 m² und der Großrohrüberhitzer 151,5 m². Mit 257 t Dienst- und 175 t Reibungsmasse lag die Zugkraft bei 85%iger Füllung bei 442 kN (44,2 t), der sechssachsige Drehgestellender faßte bei 140 t Dienstmasse 69,5 m³ Wasser und 20 t Kohle, die Gesamtlänge über Kupplung kam auf 29,63 m.

Wegen der guten Erfahrungen mit ihren „Challenger“-Lokomotiven kaufte die Union Pacific zwischen 1942 und 1944 65 etwas stärkere und schwerere Maschinen als Reihe 3950, versehen mit zahlreichen Verbesserungen. Dazu zählten der Stahlgußrahmen, der auf 533 mm verminderte Zylinderdurchmesser und der auf 1,96 MPa (19,6 kp/cm²) erhöhte Kesseldruck. Der Kessel bekam einen Doppelschornstein, und die beweglichen Dampfleitungen entstanden neu.

Ihre Leistungen bestachen: Im Reisezugdienst kamen sie auf 128 km/h Höchstgeschwindigkeit, und im Güterzugdienst ließen sich 4000-t-Züge mit 96 km/h fahren. Schließlich erhielten einige „Challengers“ als einzige Mallet-Lokomotiven der Welt Windleitbleche; zeitweise wurde auch Ölfeuerung verwendet. Alle „Challengers“ der Union Pacific blieben bis zum Ende der 50er Jahre im Hauptstreckendienst.

Die Reihe Z8 der Northern Pacific Rw. Comp.

Erwähnenswert sind noch die 1943 von Alco übernommenen 20 (2'C)C2'-Lokomotiven der Reihe Z8 mit den Betriebsnummern 5130 bis 5149 der Northern Pacific Rw. Comp., die mit 292,1 t Dienstmasse die schwersten „Challengers“ blieben und zudem mit 1778 mm Durchmesser über respektable Kuppelräder verfügten.

Die sonstigen Hauptdaten lauteten: Zylinderdurchmesser 584 mm, Hub 813 mm, Kesseldruck 1,83 MPa (18,3 kp/cm²), Rostfläche 14,1 m², Heizfläche 534 m², Überhitzerfläche 195,6 m², Reibungsmasse 201,4 t, Zugkraft

485 kN (48,5 t), siebenachsiger Tender für 94,7 m³ Wasser und 24,5 t Kohle.

Die Reihe H-8 der Chesapeake & Ohio

Anfang 1940 benötigte die Chesapeake & Ohio zur Überwindung der Bergkette zwischen den Kohlefeldern West Virginias und den Häfen im Osten neue Traktionsmittel, die die schon 20 Jahre alten H-7 ersetzen sollten.

Zu jener Zeit stellte Lima in direkter Weiterentwicklung des (1'C)C2'-Typs den Entwurf einer Einfachexpansionslok mit der Achsfolge (1'C)C3' auf, die einen noch leistungsfähigeren Kessel mit ausgezeichneten Verbrennungseigenschaften erlaubte. Allerdings erwies es sich als schwierig, über dem Schleppgestell Platz für einen der Rostfläche entsprechenden Aschkasten zu finden. Als problematisch stellte sich auch die nur schwer zu verwirklichende Belastung der vorderen Maschinengruppe heraus. Da inzwischen die Chesapeake & Ohio ihre Tunnel für den Einsatz größerer Lokomotiven erweitert hatte, konnte Lima am 10. 12. 1941 die erste Einheit der als Reihe H-8 eingeordneten und mit dem Beinamen „Allegheny“ bedachten Lokomotive übergeben.

Lima wählte Zylinder von 572 mm Durchmesser und 838 mm Hub sowie 1702 mm große Kuppelräder, die den Gesamtachsstand auf 19,05 m brachten. Mit ihren Stahlgußrahmen, der Bakersteuerung und den Wälzlageren entsprachen sie ansonsten der US-Norm; ihr Kessel für 1,83 MPa (18,3 kp/cm²) Dampfdruck gehörte mit 5888 kW (8000 PS) Kesselleistung, mit 12,5 m² Rost- und 672,6 m² Heizfläche zuzüglich 296 m² für den Überhitzer, zu den größten und leistungsfähigsten der Welt. Er verfügte über eine 3 m lange Verbrennungskammer, drei Thermosiphons, einen Doppelschornstein und natürlich über einen Stoker. Mit 329 t Dienst- und 214 t Reibungsmasse betrug die Zugkraft 500 kN (50 t); die höchste Achsfahrmasse überschritt die 36-t-Grenze, wodurch der Einsatz auf einige wenige Strecken mit sehr schwerem Oberbau beschränkt blieb; als Höchstgeschwindigkeit sind 96 km/h bekannt, die übliche Reisegeschwindigkeit lag bei etwa 55 km/h.

Die H-8 erhielten die größten je bei der Che-

sapeake & Ohio benutzten Tender; jeder faßte 92,6 m³ Wasser und 27,7 t Kohle. Um ihre Länge wegen der vorhandenen 35-m-Drehscheiben in Grenzen halten zu können, fielen sie ungewöhnlich hoch aus, da von den 199,3 t Dienstmasse ein größerer Anteil auf dem hinteren Drehgestell ruhte, führte man dieses vier-, das vordere dagegen dreiachsig aus.

Bis 1948 lieferte Lima 60 H-8 mit den Betriebsnummern 1600 bis 1659, davon erhielten 23 Ausrüstungen für den Reisezugdienst. Im Einsatz fuhren sie Kohlezüge von 12000 t Wagenzugmasse mit 48 km/h, ihre Höchstleistung am Zughaken lag bei 5152 kW (7000 PS). Nur wenige Jahre nach der Indienststellung ersetzte die Bahn ihre modernen und profitablen H-8 gemäß dem allgemeinen USA-Trend durch drei- und vierteilige Diesellokomotiven; 1956 verschwand dann die letzte H-8 von der Strecke.

Die Reihe 4000 der Union Pacific

Die 25 zwischen 1941 und 1944 als Reihe 4000 mit dem Beinamen „Big Boy“ von Alco für die Union Pacific gebauten (2'D)D2'-Lokomotiven bildeten den Höhepunkt des Dampflokomotivbaues; sie blieben in vielerlei Hinsicht unübertroffen. Bei der Konstruktion arbeitete die Forschungs- und Betriebsabteilung der Union Pacific eng mit Alco zusammen. Die Aufgabe der neuen Maschinen bestand u. a. darin, Güterzüge über die Wasatch Mountains auf der Strecke zwischen Ogden in Utah und Green River in Wyoming ohne Vorspann zu befördern. Um einen freizügigen Einsatz zu gewährleisten, be-

schränkte man die Achsfahrmasse auf 31 t; Rahmen und Laufwerk ermöglichten sowohl eine gute Bogenläufigkeit als auch Höchstgeschwindigkeiten bis zu 129 km/h. Abgesehen von den Abmessungen, entsprachen die Lokomotiven üblichen Bauepflogenheiten.

Vier einfach wirkende Zylinder mit Walschaert-Steuerung von 604 mm Durchmesser und 813 mm Hub wirkten auf Boxpod-Scheibenräder von 1727 mm Durchmesser; der Gesamtachsstand kam auf 22,08 m. Der Kessel für 2,1 MPa (21 kp/cm²) Dampfdruck hatte eine Verbrennungs- und acht Wasserkammern sowie einen Doppelschornstein; der Rost nahm 13,9 m², die Heizfläche 547,1 m² und der Überhitzer 229,1 m² ein. Wie bei allen achtfach gekuppelten Mallets fiel die Feuerbüchse relativ flach aus; trotzdem ließen Dampfentwicklung und Kesselleistung keine Wünsche offen. Mit Tender wogen die 40,5 m langen Lokomotiven 546 t; davon entfielen 350 t auf die Lok, 230 t standen als Reibungsmasse zur Verfügung; gut für eine Zugkraft von 614 kN (61,4 t).

Für den Tender schuf Alco eine bis dahin unbekannte Bauform. Mit einem Fassungsvermögen von 94,5 m³ Wasser und 25,4 t Kohle fiel er zwar nicht ungewöhnlich groß aus, die Forderung nach einer möglichst kurzen Baulänge führte aber zu einer siebenachsigen Steifrahmenbauart mit führendem zweiachsigem Drehgestell. Die neuen Tender bewährten sich so gut, daß auch andere Bahngesellschaften diesen Typ in der Folge gern verwendeten.

Den praktischen Einsatz versahen die „Big

Boys“ zur vollsten Zufriedenheit; sie boten dabei ungewöhnliche Leistungen. Auf 1%igen Steigungen konnten 3000 t Wagenzugmasse mit 40 km/h gefahren werden, auf 0,8%igen zogen sie 5300 t. Bei 5888 kW (8000 PS) Nennleistung verbrauchten sie je Stunde 10 t Kohle und 60 m³ Wasser; zum Teil erhielten sie später auch Ölfeuerung.

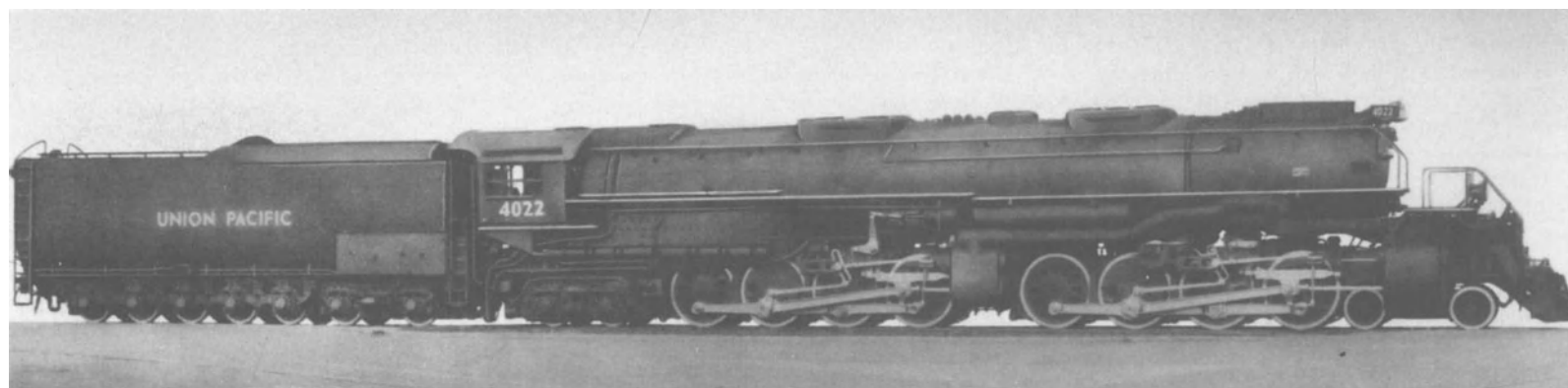
Alle 25 Maschinen zählten 1960 noch zum Bestand der Union Pacific; der Diesellokomotive gelang es zunächst nicht, diese Giganten zu ersetzen. Mit der Einführung von 6256 kW (8500 PS) leistenden Gasturbinenlokomotiven schlug dann aber auch ihre Abschiedsstunde.

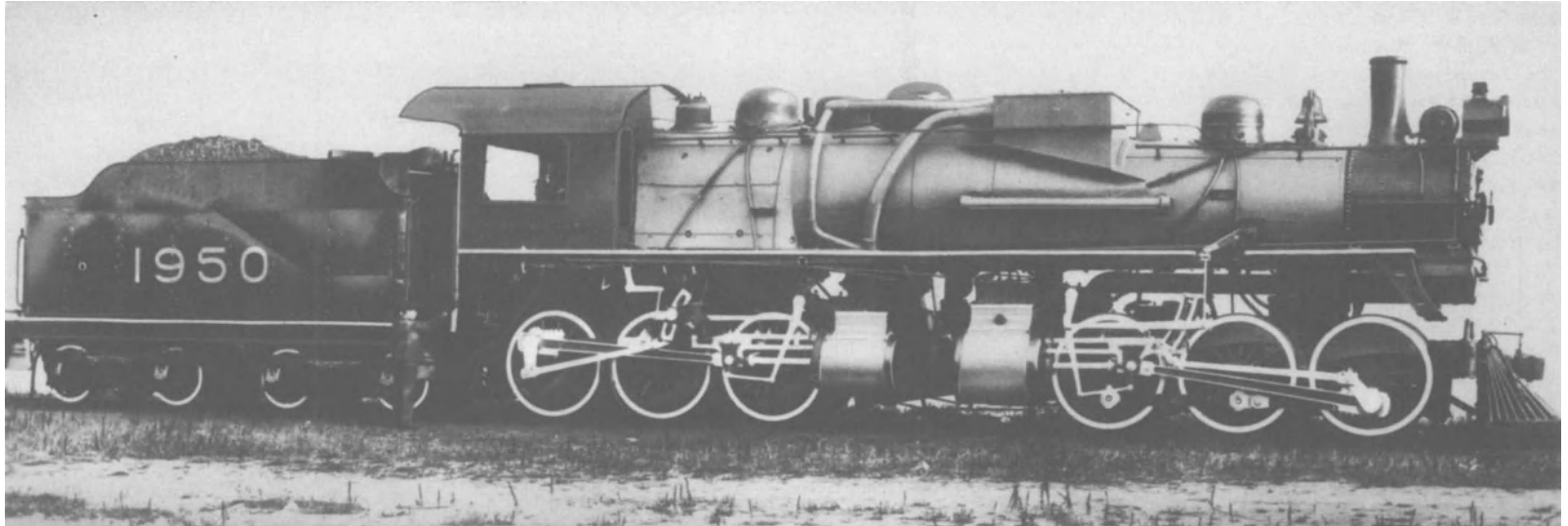
Mallet-Lokomotiven in Kanada

Die Reihe R-1 der Canadian Pacific Rw.

Merkwürdigerweise blieb die Mallet-Lokomotive im nördlichen Nachbarland der USA, in Kanada, nahezu unbekannt, obwohl sich die dortigen Bahnen in technischer Hinsicht sonst sehr an den US-Standard anlehnten.

Zwischen 1909 und 1910 ließ die Canadian Pacific Rw. in ihren Bahnwerkstätten insgesamt sechs Maschinen, unterteilt in drei Reihen, bauen. Obgleich an sich nach herkömmlichen Grundsätzen der Mallet-Bauart ausgeführt, besaßen alle als Besonderheit in Fahrzeugmitte platzierte Zylinder. Die drei Reihen R-1a bis R-1c unterschieden sich in den Zylinderabmessungen, aber auch im Arbeitsprinzip. Während die R-1a und die R-1b, wie damals üblich, in Verbundwirkung arbeiteten, dürfte die R-1c eine der ersten ein-





fach wirkenden Mallet-Lokomotiven gewesen sein.

Ihre vier Zylinder von 508 mm Durchmesser und 660 mm Hub griffen an 1473 mm große Kuppelräder an; der Achsstand eines Triebgestells betrug 3,15 m, der Gesamtachsstand bei der Achsfolge C'C 10,72 m. Als zweites auffälliges Merkmal hatte der für 1,4 MPa (14 kp/cm²) Druck ausgelegte Kessel zwischen Rauchkammer und Verdampferteil des Langkessels einen Speisewasservorwärmer, ausgebildet in der Art eines normalen Röhrenkessels; die Verbindung von Vorwärmer und Verdampferteil stellte eine etwa 1,6 m lange Überhitzerkammer her. Der Überhitzer enthielt vertikal angeordnete Überhitzerelemente, die quer zur Einbaulage von den Rauchgasen bestrichen wurden. Die Rostfläche betrug 5,48 m², die Heizfläche 274,1 m² und die Überhitzerfläche 50,9 m². Bei einer Länge über Kupplung von 18,528 m und mit 118,8 t Dienstmasse brachte es die R-1c auf eine Zugkraft von 243 kN (24,3 t), der vierachsige Drehgestellender nahm bei 60 t Dienstmasse 22,3 m³ Wasser und 10,9 t Kohle auf.

Hauptsächlich liefen die Maschinen auf der über die Rocky Mountains führenden Magistrale Calgary – Vancouver im Vorspann- und Schiebedienst. Schon bald zeigte sich dabei der höhere Unterhaltungsaufwand gegenüber konventionellen Lokomotiven gleicher Leistung. Alle sechs R-1 wandelte die Cana-

dian Pacific Rw. 1917 in 1'E-Güterzuglokomotiven um.

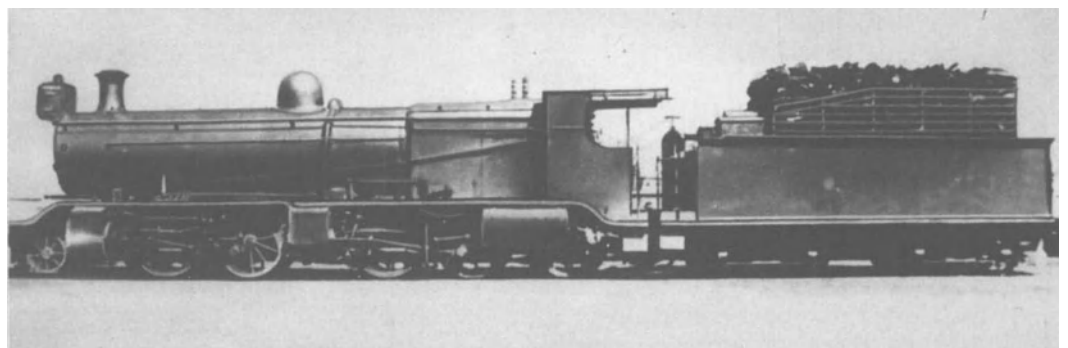
Mallet-Lokomotiven in Südamerika

Die Reihe A-3 der argentinischen Central-Nordbahn

In Mittel- und Südamerika entstanden die Eisenbahnnetze vielfach nach den für Kolonien üblichen Grundsätzen; deshalb nutzte man hier, um die Anlagekosten niedrig zu halten, vielfach die Meter- oder Kapspur, zumal das gebirgige Oberflächenrelief und der Mangel an Arbeitskräften bei Ausführung in Regelspur unverhältnismäßig hohe Ausgaben erfordert hätte. Der stark zunehmende Warenaustausch wies den Bahnen dann allerdings ein Verkehrsvolumen zu, das selbst regelspurige Bahnen in Verlegenheit ge-

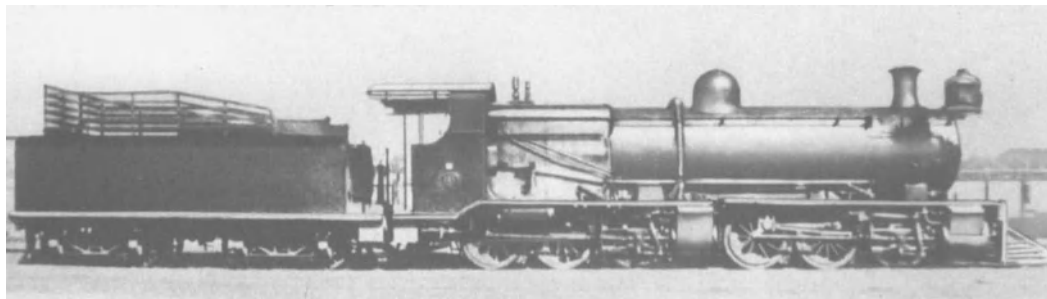
bracht hätte. Hier drängte die Not zu großen Lokomotiveinheiten in der Art der Mallet-Lokomotive.

Bis zum ersten Weltkrieg lieferten vielfach britische und deutsche Firmen das rollende Material. 1904 übergab Borsig an die Central-Nordbahn vier der ungewöhnlichen Mallets mit ungleichem Kupplungsgrad der Triebgestelle. Diese (2'B)C-Reisezuglokomotiven hatten Zylinder von 330 mm bzw. 520 mm Durchmesser bei 550 mm Hub, den Kuppelraddurchmesser wählte man zu 1300 mm, der Achsstand der Triebgestelle betrug 3,05 m bzw. 3,615 m, der Gesamtachsstand 8,995 m, der Kesseldruck belief sich auf 1,2 MPa (12 kp/cm²), die Rostfläche auf 3,3 m², die Heizfläche auf 158 m², die Dienstmasse auf 47,6 t und die Reibungsmasse auf 42,1 t. Gekuppelt waren die ganz



Mallet-Lokomotive
der argentinischen Central-Nordbahn,
1904 von Borsig gebaut

Reihe MJ der South African Rw.



im britischen Stil sehr glattflächig gehaltenen Lokomotiven mit einem vierachsigen Drehgestellender. Auf langen 2,5%igen Steigungen zogen sie 120 t mit 25 km/h, wobei sie 458 kW (600 PS) leisteten; weitere Angaben über Einsatz und Bewährung liegen dem Autor nicht vor.

Infolge der Abschließung Mittel- und Südamerikas von Europa im Verlaufe des ersten Weltkrieges deckten die Eisenbahngesellschaften dann ihren Bedarf in den USA. Das bedeutete ein Vordringen des technischen Standards des Nordens, so daß man bei den in den 20er und 30er Jahren vielfach wieder in Deutschland bestellten Lokomotiven Wert darauf legte, diese im Gesamtentwurf und in den Einzelheiten den USA-Vorbildern anzupassen.

Mallet-Lokomotiven in Afrika und Neuseeland

Die Reihe MG der South African Rw.

Afrika blieb wegen des raschen Vordringens der Garratt-Bauform den Mallets weitgehend verschlossen, ebenso Australien und Neuseeland und mit Einschränkungen auch Asien.

In Südafrika liefen ab 1911 von Alco in den USA gebaute (1'C)C1'-Lokomotiven der Reihe MG als die einzigen Mallet-Maschinen der Welt mit unterschiedlich großem Kuppelraddurchmesser der Triebgestelle. Alco lieferte die MG entsprechend den damaligen Gepflogenheiten als Verbundlokomotive; das vordere Triebgestell enthielt den Niederdruckteil mit Zylindern von 724 mm Durchmesser bei 711 mm Hub und 1295 mm große Kuppelräder; für den hinteren Hochdruckteil

lauteten die Werte 457 mm, 660 mm und 1168 mm.

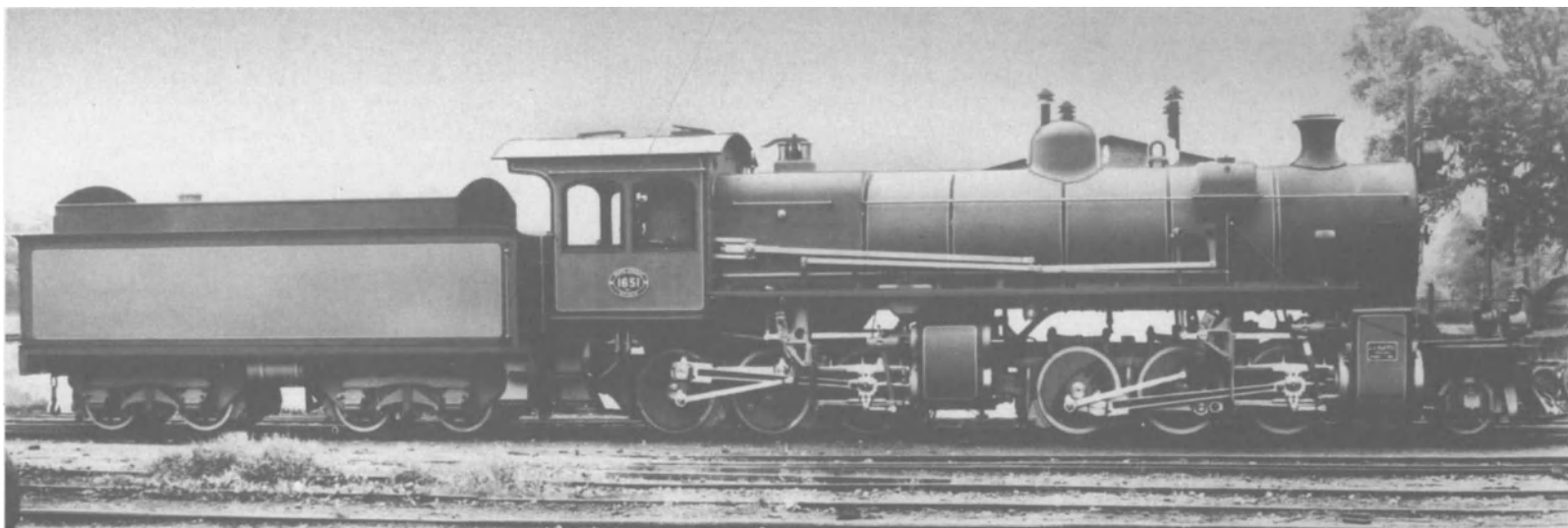
Bekannt sind weiter folgende Daten: Gesamtsachsstand 12,649 m, Kesseldruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 4,6 m², Heizfläche 243,3 m², Überhitzerfläche 51,9 m², Länge über Kupplung 22,815 m, Dienstmasse 103,1 t, Reibungsmasse 88,4 t, Zugkraft 205 kN (20,5 t), Wasservorrat 18,2 m³, Kohlevorrat 10,2 t, Höchstgeschwindigkeit 72 km/h. In der Praxis erwies sich der Zugkraftgewinn aber als zu klein, um das unterschiedliche Triebwerk mit seinem erhöhten Ersatzteilbedarf rechtfertigen zu können; so blieb es beim Prototyp.

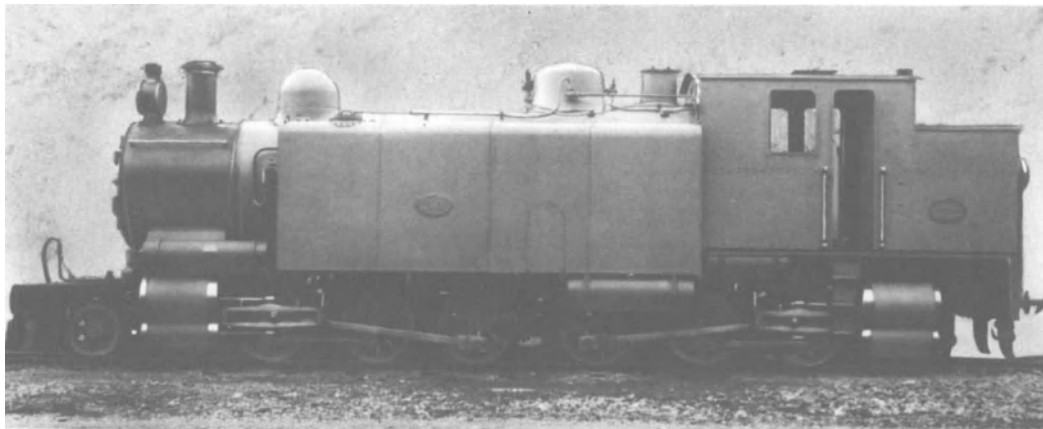
Die Reihe ME der South African Rw.

1912 baute North British für Südafrika eine (1'C)C1'-Mallet-Lokomotive der Reihe ME, die zu den ersten Maschinen mit Einfachdehnung zu zählen ist. Obwohl Leistungen und Höchstgeschwindigkeit befriedigten, blieb sie wegen des Auftauchens der Garratts ein Einzelgänger. Sie bot vom Aufbau und den Abmessungen her keine Besonderheiten; die technischen Daten können also hier entfallen.

Die Reihe E der New Zealand Government Rw.

Als weitere bemerkenswerte Mallet-Lokomotive gilt eine Achtzylinder-Verbund-Ten-





derlokomotive der New Zealand Government R.w., die 1905 nach Entwürfen von *G. A. Pearson* deren Bahnwerkstatt verließ. Zu jener Zeit entschied der neuseeländische Eisenbahnminister, daß nach erfolgreichen Vorversuchen mit zwei 2'C2'-Tendermaschinen auf der nach dem System Fell ausgestatteten Strecke über die Rimutaka-Rampe keine weiteren Fell-Lokomotiven mehr zu beschaffen waren; ihre Aufgabe sollte der neue und so ungewöhnliche Typ übernehmen.

Neben der einmalig gebliebenen Nutzung des Vaclain-Verbundverfahrens für Mallet-Lokomotiven überraschte die als Reihe E eingestufte (1'C)C-Maschine noch durch die an beiden Lokenden angebrachten Zylinder und durch den Vanderbilt-Kessel. Der gewählte Aufbau bedingte die Hochdruckdampfzuführung zu beiden Triebgestellen; der Abdampf des hinteren verließ durch einen zweiten, an der Führerhausstirnwand angeordneten Schornstein die Lokomotive.

Die technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser 241/406 mm, Hub 457 mm, Kuppelraddurchmesser 927 mm, Gesamtachsstand 9,474 m, Kesseldruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 2,4 m², Heizfläche 143 m², Länge über Kupplung 12,116 m, Dienstmasse 59,5 t, Reibungsmasse 55,4 t, Zugkraft 110 kN (11 t), Wasservorrat 5,6 m³, Kohlevorrat 3,3 t, Höchstgeschwindigkeit 56 km/h.

Diese Lokomotive – sie trug den Spitznamen „Pearson's Dream“ – beförderte bei

Testfahrten auf der Steigung von Cross Creek aus 93 t, anstatt 59 t wie die Fell-Typen. Im Einsatz zeigte sie sich aber nicht von der besten Seite; der Kessel machte schlecht Dampf, das Triebwerk hielt den Belastungen nicht stand, und die Hitze auf dem Führerstand war unerträglich. Nach einigen Jahren Einsatz auf der vorgesehenen Strecke wanderte sie in untergeordnete Dienste ab und hatte schon 1917 ausgedient.

1.2.7.

Garratt-Lokomotiven

Garratt-Lokomotiven bestanden aus einem den Kessel und das Führerhaus tragenden Brückenrahmen, der sich auf zwei Drehgestelle beliebiger Achsanordnung abstützte, wobei das vordere außerdem einen Wasserbehälter und das hintere den Brennstoffvorrat und meist noch einen Zusatzwassertank trug. Der Hauptvorteil dieser Bauweise bestand darin, daß für alle Baugruppen genügend Platz zur Verfügung stand. Weder Zylinder noch Räder und Kessel waren, abgesehen vom Umgrenzungsprofil, in ihrer Größe beschränkt. Feuerbüchse und Aschkasten ließen sich gut dimensionieren, und die für Garratt-Lokomotiven typischen kurzen, aber dicken Kessel mit ihrem geringen Strömungswiderstand garantierten gute Dampfentwicklung und hohe Kesselleistung.

Die Garratt-Lokomotive hatte von allen Gelenklokomotiven die besten Laufeigenschaften.

Das Durchfahren von Kurven und vor allem das Einfahren in diese verlief beispielsweise viel günstiger als bei den Mallets; die Triebgestelle führten die großen Kesselmassen sanft in die Kurven hinein. Die Bevorzugung von Triebgestellen mit führendem Drehgestell und nachfolgender Schleppachse in Verbindung mit den die Triebgestelle belastenden Vorräten ergab schlingerfreien Lauf auch bei hohen Geschwindigkeiten.

Die Aufteilung der Dienstmasse auf zwei weit auseinanderliegende Triebgestelle ermöglichte auch das Befahren leichter Brücken und ersparte so in vielen Fällen die sonst notwendigen Verstärkungen.

Von der Möglichkeit, die Garratt-Lokomotive wegen ihrer symmetrischen Laufwerksausbildung nach beiden Fahrtrichtungen gleich gut laufen zu lassen, machte man auf Tunnelstrecken gern Gebrauch. Sie fuhr dann mit dem Führerstand voraus, so daß die Rauchbelästigung für das Personal gering blieb.

Von den Vorräten bevorzugte man vielfach die Kohlemenge vor dem Wasservolumen, weil die von Hand oder mit einem Stoker verfeuerte Kohle in der Nähe des Führerstandes bleiben mußte, während beim Wasser die Möglichkeit bestand, von der man auch bei einigen Bahnen Gebrauch machte, Wasserwagen mitzuführen.

Garratt-Lokomotiven hatten bis auf ganz wenige Ausnahmen stets einfache Dehnung, sehr selten waren auch Drei- und Vierzylinder-Triebdrehgestelle. Alle modernen Bestandteile des Lokomotivbaues, wie Ventilsteuerung, Wälzlager, Stahlgußrahmen, Speisewasservorwärmer und Überhitzer, fanden Verwendung; nur die sonst schon weitverbreiteten geschweißten Kessel und Scheibenräder fehlten.

Einer der Nachteile der Garratt-Lokomotive bestand darin, daß die Reibungsmasse mit dem Verbrauch der Vorräte absank, eine Tatsache, die sie aber mit allen Tenderlokomotiven gemein hatte und die bei der Bemessung der größten Zugkraft berücksichtigt werden mußte. Eine Garratt erreichte daher nie ganz die Zugkraft von zwei einzelnen Schlepptenderlokomotiven derselben Gesamtreibungsmasse. Es zeigte sich in der Tat, daß eine Garratt-Lokomotive mit sechs

Kuppelachsen einem Fünfkuppler in Starrahmenbauweise nicht überlegen war.

Wie alle Gelenklokomotiven, so wies auch die Garratt-Lokomotive etliche bewegliche Dampfverbindungen auf, deren Gestaltung vor allem in der Frühzeit problematisch blieb. Auch ließ sich die Rauchkammer durch die Lage des Wassertanks nicht so leicht wie bei Regellokomotiven reinigen, und das Ausziehen der Kesselrohre bedingte spezielle Maßnahmen, wie hochklappbare Wasserbehälter oder große abschraubbare Deckel in der der Rauchkammer zugeordneten Wand. Die beträchtliche Längenentwicklung der Lokomotiven erforderte eine entsprechende Ausführung von Drehscheiben und Schiebebühnen und verlangte große Hallenabmessungen.

Garratt-Lokomotiven in Australien und Neuseeland

Die Reihe K der Tasmanian Government Rw.

Der Erfinder der Garratt-Lokomotive war *Herbert William Garratt*, ein 1864 geborener Engländer, der sich bei verschiedenen Bahnen in der ganzen Welt im Maschinenwesen betätigte. Zu der Zeit, als er seine Idee ent-

wickelte, arbeitete er als Inspektor für die australische Regierung; dabei beschäftigte er sich auch mit Drehgestell- und Gelenkwagen für schwere Geschütze, was schließlich 1907 zur Erteilung des Patentes der später nach ihm benannten Bauart führte. Nun galt es, einen Geldgeber zu finden, um die Idee in die Tat umsetzen zu können. Glücklicherweise arbeitete Garratt damals für Beyer-Peacock in Manchester, die eine Anfrage aus Tasmanien nach einer Gelenklokomotive für das 610-mm-spurige Netz erhielt, um dort die nicht recht befriedigende Hagans-Maschine ersetzen zu können. Garratt konnte Beyer-Peacock dazu bewegen, sein System vorzuschlagen, und – womit die Firma kaum gerechnet hatte – die Bahn bestellte zwei Exemplare.

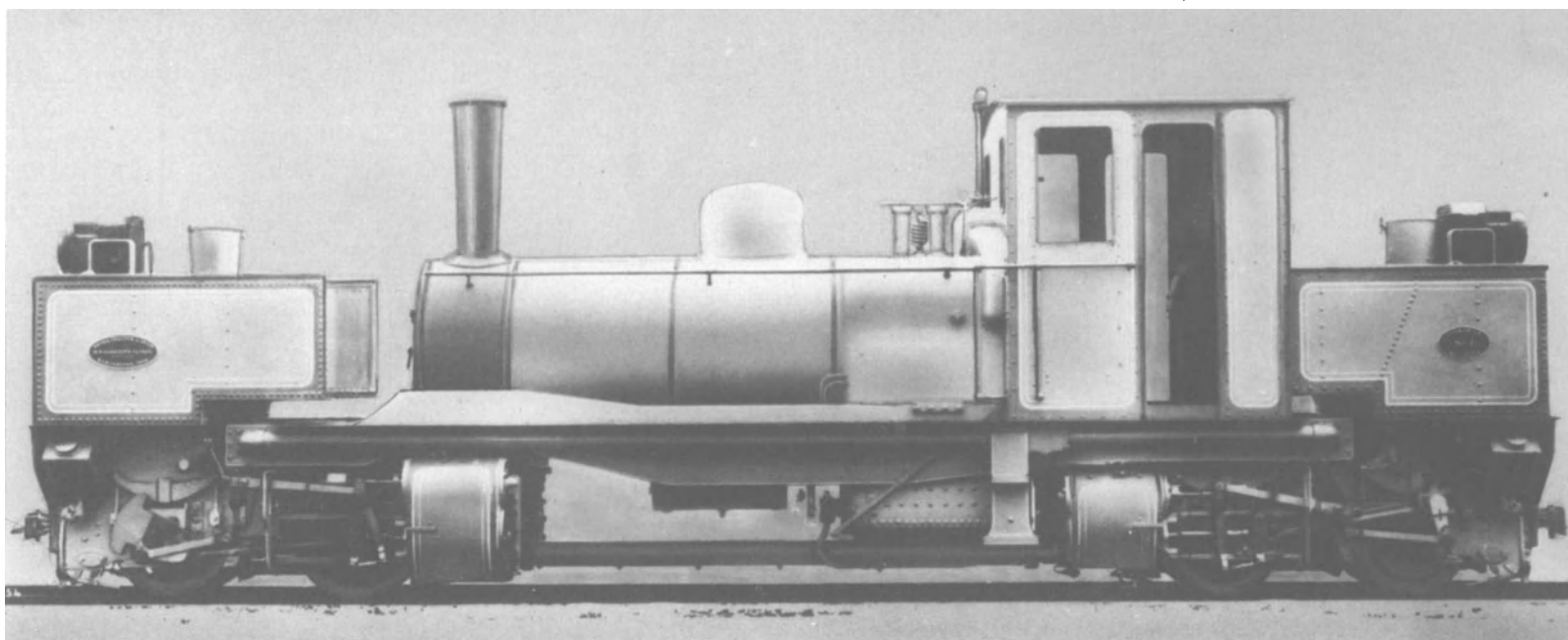
Diese B'B'-Lokomotiven der Reihe K hatten im Unterschied zu allen folgenden Garratts am inneren Drehgestellende angeordnete Zylinder, was bei der gewählten Verbundbauweise kurze Verbindungsleitungen zwischen beiden Triebwerksgruppen ermöglichte. Dabei befanden sich die Hochdruckzylinder von 279 mm Durchmesser bei 406 mm Hub am hinteren, die Niederdruckzylinder von 432 mm Durchmesser bei ebenfalls 406 mm Hub am vorderen Drehgestell.

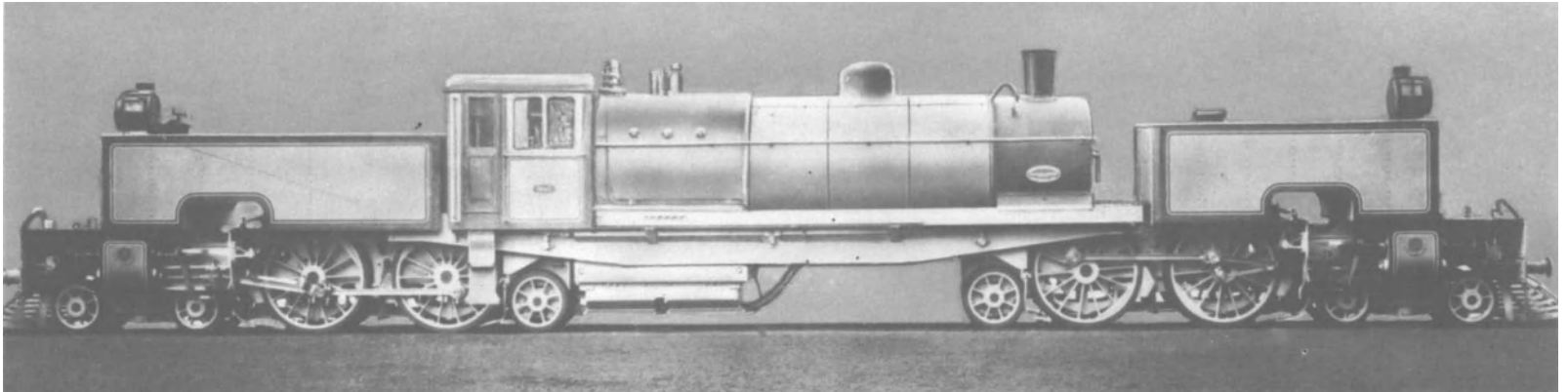
Bei einem Raddurchmesser von 787 mm betrug der Drehgestellachsstand 1,22 m, der Gesamtachsstand belief sich auf 8,153 m; erwähnenswert sind noch die Außenrahmen, die Walschaert-Steuerung und die Kolbenschieber. Der Belpaire-Kessel für 1,37 MPa (13,7 kp/cm²) Dampfdruck hatte eine Rostfläche von 1,38 m² und eine Heizfläche von 58,4 m². Bei einer Dienstmasse von 34 t betrug die Zugkraft 81 kN (8,1 t), die Vorratsbehälter nahmen 3,2 m³ Wasser und 1 t Kohle auf.

Bis zur Schließung der Bahnlinie im Jahre 1930 blieben beide Exemplare in Dienst, danach standen sie nutzlos umher, bis Beyer-Peacock 1947 die K-1 aufkaufte und für das Firmenmuseum herrichtete. Als 1965 das Werk schloß, gelangte die Maschine auf die 600-mm-spurige Festiniog Rw. in Wales; allerdings machte deren Umgrenzungsprofil mancherlei Umbauten erforderlich. Die K-2 hatte weniger Glück und wanderte in den Schmelzofen.

Die Reihen L und M der Tasmanian Government Rw.

Der erfolgreiche Einsatz der Reihe K führte dazu, daß die Tasmanian Government Rw. für ihre in 1067-mm-Spur verlegten Haupt-



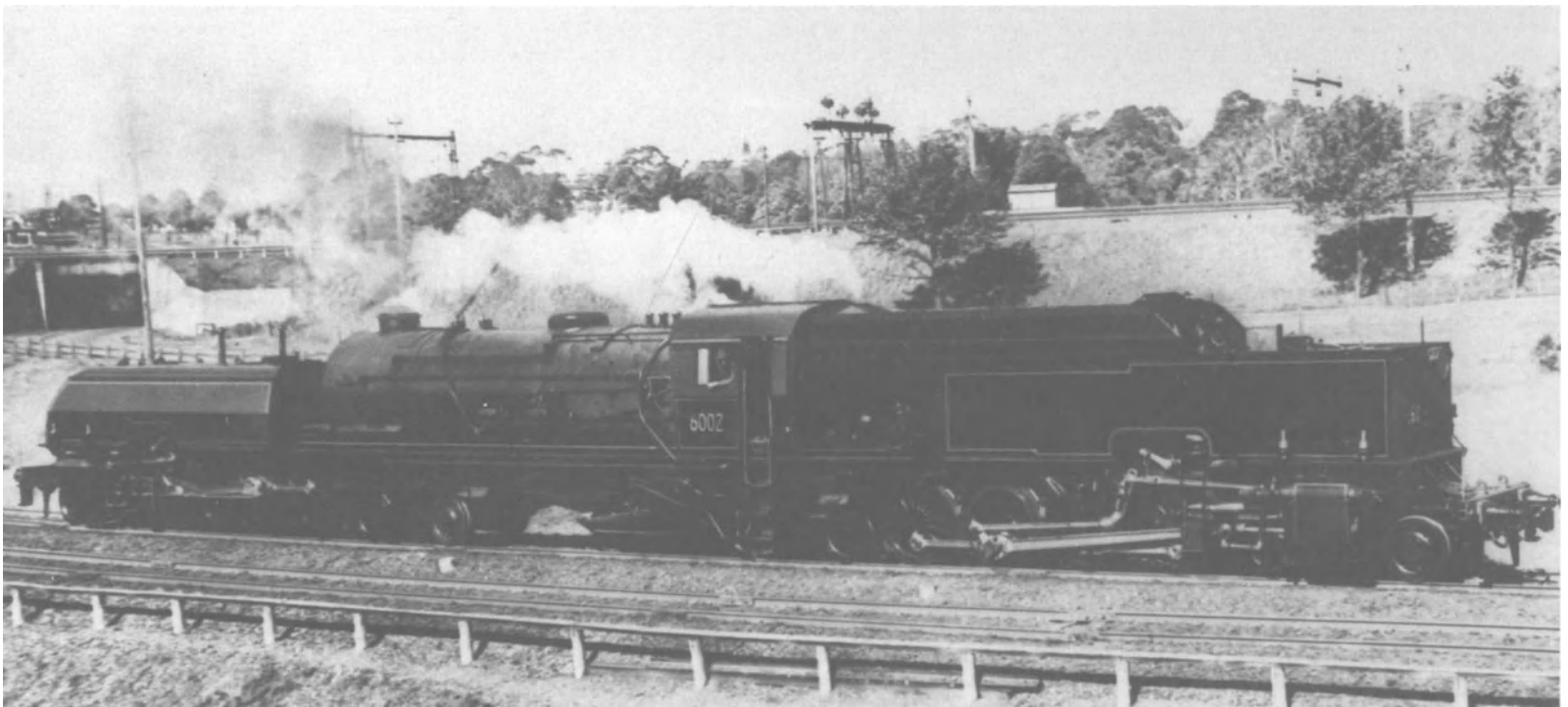


strecken bei Beyer-Peacock 1912 je zwei Maschinen der Reihe L und M kaufte. Beide Typen hatten ähnliche Abmessungen und identische Belpaire-Kessel sowie dieselbe Wasser- und Kohlekapazität. Mit der Achsfolge (1'C1')(1'C1') verfügte die Reihe L über eine populäre Achsanordnung; sie hatte normale Zwillingstriebwerke und kleine Kuppelräder für den Güterzugdienst. Die Reihe M stellte eine bemerkenswerte

Entwicklung dar. Ausgeführt als (2'B1')(1'B2')-Schnellzuglokomotive, trieben vier einfach wirkende Zylinder die erste bzw. zweite Kuppelachse jedes Triebgestells. Damit blieben sie die einzigen je gebauten Achtzylinder-Garratt-Lokomotiven; deshalb hier die technischen Daten: Zylinderdurchmesser 305 mm, Hub 508 mm, Kuppelrad-durchmesser 1524 mm, Achsstand je Triebgestell 6,325 m, Gesamtachsstand 18,847 m,

Kesseldruck 1,12 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 3,15 m², Heizfläche 156,8 m², Überhitzerfläche 31 m², Dienstmasse 94,6 t, Reibungsmasse 48 t, Zugkraft 104 kN (10,4 t), Wasservorrat 11,3 m³, Kohlevorrat 4 t.

Bei Versuchsfahrten erreichte sie die für eine Kapsurmaschine ungewöhnliche Geschwindigkeit von 88 km/h und wies so die Brauchbarkeit der Garratt-Bauart auch für den schnellen Reisezugdienst nach. 1951



schieden alle Garratts der Tasmanian Government Rw. aus dem Dienst.

Die Reihe AD60 der New South Wales Government Rw.

Die New South Wales Government Rw., die in Australien ein Normalspurnetz betreibt, setzte als letzte Bahngesellschaft des Kontinents Garratt-Lokomotiven ein. Als sie nach dem zweiten Weltkrieg für die Strecken mit auf 16 t beschränkter Achsfahrmasse besonders leistungsfähige Traktionsmittel benötigte, griff sie trotz der beginnenden Diesel-Ära zur Garratt-Bauart. Der ausgeführte Entwurf mit der Achsfolge (2'D2')(2'D2'), Reihe AD60, war in vielerlei Hinsicht bemerkenswert. Zum einen handelte es sich um die leistungsfähigste australische Dampflokomotive und zum anderen blieb sie, abgesehen von der EC3 der Kenia-Uganda-Bahn, die Garratt mit der höchsten Achszahl.

Beyer-Peacock fertigte die AD60 nach neuesten Baugrundsätzen. Die Zylinder von 489 mm Durchmesser und 660 mm Hub wirkten auf 1397 mm große Kuppelräder, alle Achsen und die Stangen verfügten über Wälzlager, und ein Stahlgußrahmen bildete die Laufwerksbasis. Zu erwähnen sind noch die Walschaert-Steuerung und die Kraftumsteuerung. Die gegossenen Zylinder konnten

auf 514 mm Durchmesser aufgebohrt werden, die Federn ließen sich so einstellen, daß die Möglichkeit bestand, die Achsfahrmasse auf 18 t zu erhöhen. Nur bei einer Lokomotive machte man davon, wenn auch nur durch teilweise Aufbohren, Gebrauch. Der Kessel für 1,4 MPa (14 kp/cm²) Dampfdruck verfügte über eine Rostfläche von 5,9 m², 281,8 m² Heiz- und 69,8 m² Überhitzerfläche, seine Größe erforderte Stokerfeuerung. Bei einer Länge über Kupplung von rund 33 m belief sich die Dienstmasse auf 260 t; 128 t Reibungsmasse ermöglichten eine Zugkraft von 238 kN (23,8 t), die Vorräte umfaßten 42,5 m³ Wasser und 14 t Kohle.

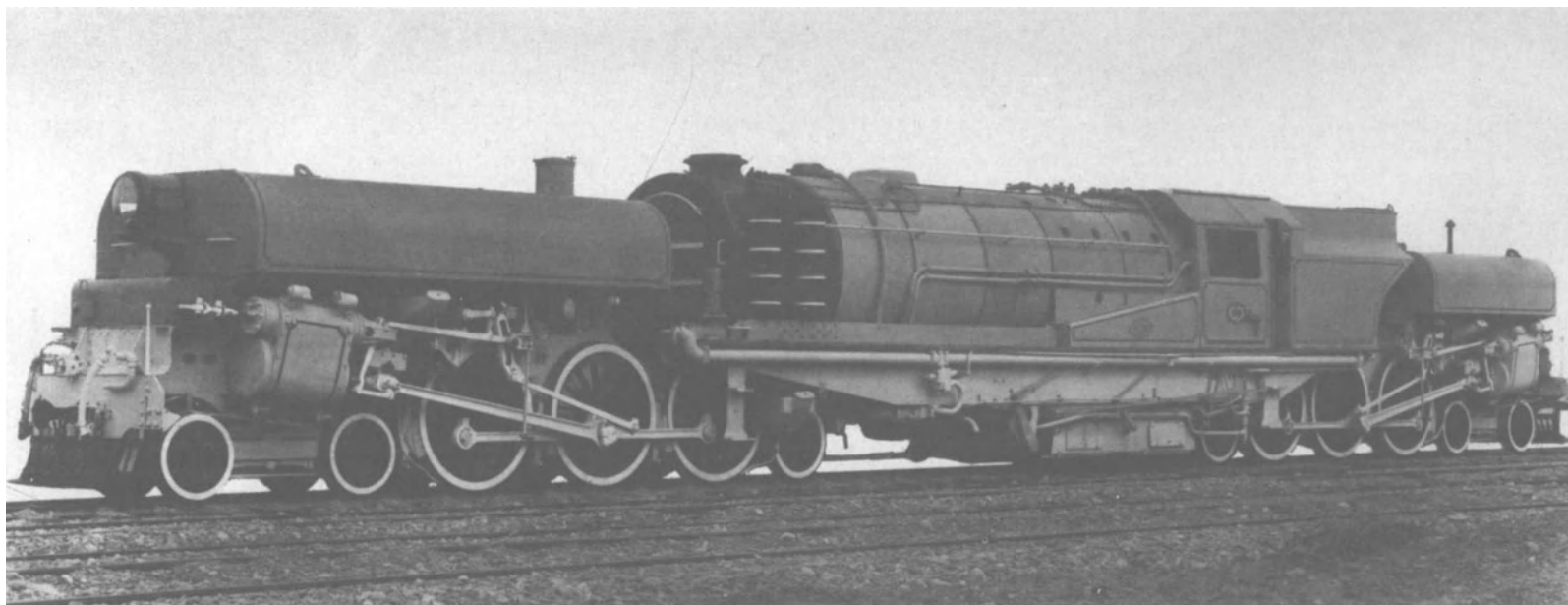
Geliefert 1952, stellte sie die Bahn als 6001 bis 6047 in Dienst; daß ihre Stückzahl begrenzt blieb, lag an der Aktivität der Vertreter der Dieseltraktion und an der Tatsache, daß es bei der Indienststellung der AD60 zahlreiche Schwierigkeiten sowohl in der Unterhaltung als auch im Einsatz gab. Diese, begründet im für die Bahn fremdartigen Aufbau, konnten bald überwunden werden, und so liefen die AD60 erfolgreich auf den Strecken, die für die amerikanischen Diesellokomotiven wegen ihrer hohen Achsfahrmasse nicht befahrbar waren. Die Strecken lagen hauptsächlich im Norden von New South

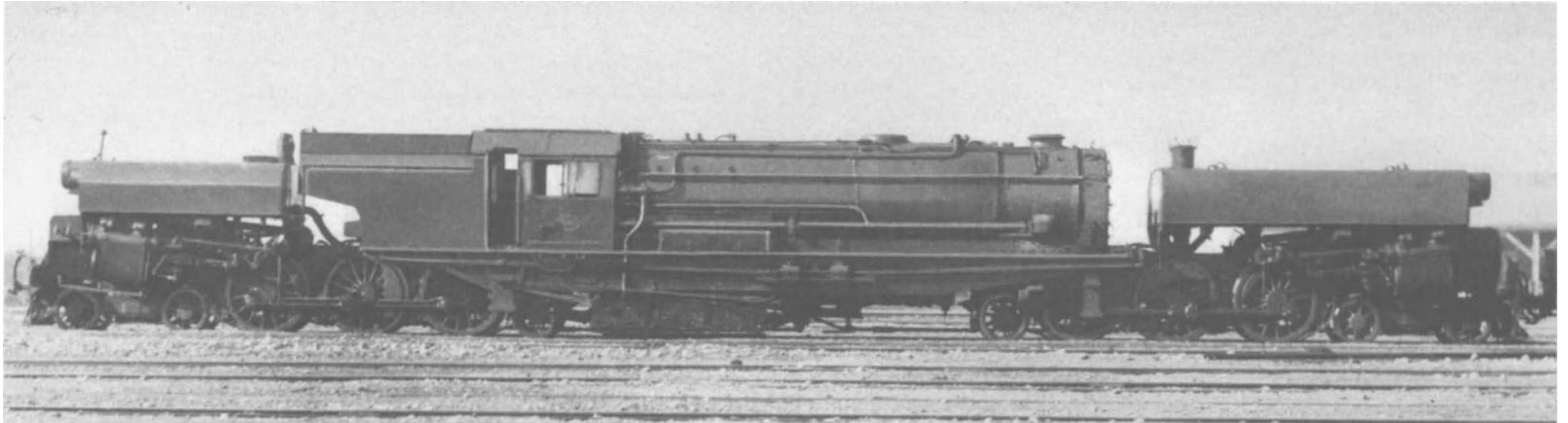
Wales auf den Abschnitten von Orange nach Dubbo entweder direkt oder über Molong und von Molong nach Parkes. Man fand die AD60 aber auch in Newcastle, wo sie die Anschlüsse in die Kohlengruben bediente, und manchmal liefen sie sogar auf der elektrifizierten Strecke nach Sydney. 1500 t ließen sich dabei zwischen Webbs und Dubbo über 1%ige Steigungen bringen, auf den 1,4%igen Abschnitten half eine 1'D nach. Zwischen Molong und Orange konnten mit einer 1'D-Schublok auf der 2,5%igen Steigung 900 t gefahren werden; 1020-t-Erzzüge erforderten dort zwei Garratts.

Die Reihe G Der New Zealand Government Rw.

Wenn wir in der Nähe Australiens bleiben, lohnt ein Blick auf die New Zealand Government Rw. Dieses Kapspursystem hatte schon Erfahrungen mit Fairlies und mit der ungewöhnlichen Mallet-Lokomotive nach dem Entwurf von *Pearson*. 1928 erhielt Beyer-Peacock dann den Auftrag über drei (2'C1')(1'C2')-Maschinen, die die ersten „Doppel-Pazifik“-Garratt-Lokomotiven waren und die zugleich die einzigen mit dreizylindrigen Triebgestellen blieben.

Die drei an einem Blechrahmen befestigten Zylinder von 419 mm Durchmesser bei





610 mm Hub trieben 1448 mm große Kuppelräder; dabei lagen die Zylinder schräg über den führenden Drehgestellen. Die Steuerung für die Außenzylinder übernahm eine des Walschaert-Typs, die für die Innenzylinder leitete sich von dieser ab. Der große Kessel füllte das Umgrenzungsprofil fast ganz aus; er erzeugte den Dampf unter einem Druck von 1,4 MPa (14 kp/cm²); seine Rostfläche umfaßte 5,4 m²; die Heizfläche war 229,5 m² und die Überhitzerfläche 50,4 m² groß. Von 145,8 t Dienstmasse entfielen 87,7 t auf die Kuppelräder; das ermöglichte eine Zugkraft von 234 kN (23,4 t). Der 6 t fassende Kohlebehälter lag fest auf dem Hauptrahmen; das erleichterte die Nutzung eines Stokers; die insgesamt 15,1 m³ Wasser aufnehmenden Tanks befanden sich, wie üblich, auf den Drehgestellen.

Bezeichnet als Reihe G mit den Betriebsnummern 98 bis 100, erwiesen sie sich als viel zu kräftig für die vorhandenen Kupplungen, auch übertraf ihre Zugkraft das Aufnahmevermögen der Strecken bei weitem. Ärger gab es auch mit ihrer Schleuderneigung und der inneren Steuerung, so daß sie nur selten auf dem vorgesehenen Einsatzgebiet auf der Nordinsel liefen. 1936 gelangten sie auf die Südinsel, und im folgenden Jahr baute man sie in sechs Pazifiks um, die aber auch nicht befriedigten und 1955/56 auschieden.

Garratt-Lokomotiven in Asien

Die Reihe D der Darjeeling-Himalaya Rw.

Die zweite Bestellung für eine Garratt-Lokomotive überhaupt kam von der Darjeeling-Himalaya Rw., einer 610-mm-spurigen Bahn in Britisch-Indien. Diese zählt zu den schwierigsten Strecken der Welt, klettert sie doch von Sciguri aus 82 km lang fast immer mit 3,3%igen Steigungen und mit zahlreichen Kurven bis herab zu 18 m Radius in die Berge von Darjeeling nach Ghoom. 1910 lieferte Beyer-Peacock eine B'B'-Maschine, die erstmals die in der Folge üblichen vier einfach wirkenden Zylinder an den äußeren Drehgestellenden aufwies. Bemerkenswert waren der Außenrahmen, der Belpaire-Kessel und das offene Führerhaus.

Die technischen Daten dieser ersten echten Garratt lauteten: Zylinderdurchmesser 279 mm, Hub 356 mm, Kuppelraddurchmesser 660 mm, Drehgestellachsstand 1,295 m, Gesamtachsstand 7,468 m, Kesseldruck 1,12 MPa (11,2 kp/cm²), Rostfläche 1,63 m², Heizfläche 61,9 m², Länge über Kupplung 10,1 m, Dienstmasse 28,49 t, Zugkraft 56,7 kN (5,67 t), Wasservorrat 3,86 m³, Kohlevorrat 1 t.

Als Nummer 31 der Reihe D laufend, war sie aus verschiedenen Gründen kein rechter Erfolg; trotzdem blieb sie bis 1954 erhalten, lief aber relativ selten vor Zügen.

Mit dieser kleinen Lokomotive begann die Entwicklung in Asien, die sich allerdings mit der in Afrika nicht vergleichen ließ. Asien mit nur begrenzter Industriekapazität be-

durfte keiner schweren Züge, so daß mit herkömmlichen Bauarten auszukommen war. Nur selten benötigte man leistungsstarke Lokomotiven, und die kleine Anzahl von Garratts lief zudem meist im damaligen Britisch-Indien und in Burma, aber auch in Ceylon, Nepal, Thailand, in der Türkei und im Iran.

Die Reihe GAIII der Burma Rw.

Von Interesse sind eigentlich nur die drei (1'D)(D1')-Maschinen der Reihe GAIII, die Beyer-Peacock 1927 unter den Betriebsnummern 209 bis 211 an die meterspurige Burma Rw. lieferte. Zum zweiten und letzten Mal versuchte man hier, die Verbundanordnung für Garratt-Lokomotiven zu nutzen, wobei die Hochdruckzylinder am hinteren, die Niederdruckzylinder am vorderen Drehgestell lagen; in allen anderen Details entsprachen sie der üblichen Praxis.

Die technischen Daten der GAIII lauteten: Zylinderdurchmesser 445/673 mm, Hub 508 mm, Kuppelraddurchmesser 1 001 mm, Kesseldruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 4,1 m², Heizfläche 161,4 m², Überhitzerfläche 29,7 m², Dienstmasse 103,4 t, Reibungsmasse 84,4 t, Zugkraft 157 kN (15,7 t).

Im Einsatz ließen sich gegenüber einer einfach wirkenden Schwesterlokomotive keine Vorteile nachweisen, so daß man bei einer Nachbestellung auf Verbundwirkung verzichtete.

Garratt-Lokomotiven in Afrika

Die Lokomotiven der Societe Anonyme de Saint Leonard

Da Beyer-Peacock den Markt für ihre neuen Gelenklokomotiven für sehr beschränkt hielt, vergab sie bald eine Lizenz an die Societe Anonyme de Saint Leonard aus Liege in Belgien. Die erste Lieferung des Jahres 1911, vier kleine B'B'-Maschinen für die 600-mm-spurige Vicinaux-Mayumbe-Bahn im belgischen Kongo, begründete die grandiose Entwicklung der Garratts in Afrika. Mit nur 23,5 t Dienstmasse blieben sie übrigens die kleinsten je gebauten Garratt-Lokomotiven. 1911 folgte noch eine C'C' für die 750-mm-spurige Kongobahn, der Prototyp einer Reihe ähnlicher Maschinen, und 1912 eine B'B'-Garratt in 750-mm-Spur für die Minengesellschaft von Zaccor in Algerien.

Die GA der South African Rw.

Die Eisenbahnen Südafrikas waren unter den ersten, die sich für die Garratt-Lokomotive interessierten, und entwickelten sich bald zu deren größtem Einsatzland auf der Welt. Südafrika besteht aus einem dünnbesiedelten Zentralplateau, im Durchschnitt 1 600 m über dem Meeresspiegel gelegen, dessen Verbindung mit den Häfen Bahnen mit engen Kurven und starken Steigungen bedingte. Aber auch die Hochlandstrecken schmiegen sich weitgehend an das Gelände an. Für die schwierigen Kapspurlinien machten sich schon frühzeitig Gelenklokomotiven erforderlich, beginnend 1875 mit einer Fairlie der Cape Government Rw., der sich 1880 eine weitere und 1903 eine Kitson-Meyer anschlossen; alle drei blieben erfolglos. 1910 führte die Government Rw. in Natal den Mallet-Typ ein, der sich als recht ansprechend erwies und zu zahlreichen Nachbestellungen führte.

Alle Gelenklokomotiven konnten aber mit den Garratts nicht konkurrieren, von denen die ersten, schon 1914 bestellt, jedoch erst 1919/21 zur Auslieferung kamen.

Schon bei der ersten Kapspur-Garratt der Reihe GA handelte es sich um die größte ihrer Zeit; mit der Achsfolge (1'C)(C1') und 17,8 t Achsfahrmasse ließ sie sich gut auf Hauptstrecken verwenden. Mit ihren Kolbenschiebern, dem Blechrahmen und dem Bel-

paire-Kessel mit Überhitzer entsprach sie modernen Baugrundsätzen.

Ihre technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser 457 mm, Hub 660 mm, Kuppelraddurchmesser 1 219 mm, Kesseldruck 1,26 MPa (12,6 kp/cm²), Rostfläche 4,8 m², Heizfläche 237,6 m², Überhitzerfläche 48,9 m², Dienstmasse 136,2 t, Reibungsmasse 104,7 t, Zugkraft 215 kN (21,5 t), Wasservorrat 20,9 m³, Kohlevorrat 9,1 t.

Der neue Typ trat auf der Natal-Hauptstrecke mit einer Mallet der Reihe MH in Wettbewerb, die über dieselbe Zugkraft verfügte. Die Garratt beförderte eine größere Zugfahrmasse mit höherer Geschwindigkeit, verbrauchte dabei sogar weniger Wasser und Brennstoff. Die GA verbrachte ihre Dienstzeit meist in Natal und fuhr dabei Reisezüge von Ladysmith nach Harrismith. Ihre Achsfolge fand keine Wiederholung, da die inneren Kuppelachsen eine starke Spurrkranzabnutzung aufwiesen, als Einzelgänger endete sie 1938.

Die Reihen FC und FD der South African Rw.

Es ist nicht möglich, die weitere Entwicklung in Südafrika im einzelnen zu besprechen, erschienen doch für Kapspur bis 1958 zwanzig und für 610-mm-Spur bis 1968 fünf Reihen. Hingewiesen sei aber auf einige ausgefallene Muster.

Als die Gefahr bestand, daß Beyer-Peacock den südafrikanischen Markt, den bisher North British größtenteils beliefert hatte, mit ihren Garratts an sich reißen könnte, entwickelte North British unter Umgehung der Garratt-Patente einen eigenen Entwurf. Das Ergebnis bestand in einer modifizierten Kitson-Meyer, deren seitliche Wasserbehälter an die Stirnseite auf eine Rahmenverlängerung rutschten, so daß der Eindruck einer Garratt-Lokomotive entstand. North British nannte sie „Modified Fairlie“, obwohl sie mit dem Fairlie-Typ nur die beiden Drehgestelle gemein hatte. Über die Einordnung dieser Bauart läßt sich streiten; da ihre Entwicklung aber auf dem Erfolg der Garratt-Lokomotive beruhte, sei sie hier eingefügt.

Zum Verringern des Drehgestellschlingerns machten sich Rückstelleneinrichtungen erforderlich; die Höchstgeschwindigkeit blieb wegen der über den Drehzapfen hinausragen-

den Massen des Hauptrahmens beschränkt, und die Fahrzeugmasse war größer als die einer Garratt-Lokomotive.

Es sprach also eigentlich wenig für die Modified-Fairlie, doch die Bahngesellschaft wollte die guten Geschäftsbeziehungen zu North British erhalten und bestellte dort als Parallelbaureihen zu ihren sechs GL- und FC- und vierzehn GD-Garratt-Lokomotiven der Achsfolge (1'C1')(1'C1') eine Modified-Fairlie der Reihe FC und vier der Reihe FD; die Lieferung erfolgte 1925 bzw. 1926. Dabei legte man allergrößten Wert auf weitestgehende Übereinstimmung der Reihen GL und der GD mit der FD. Dies schloß alle Hauptabmessungen, die Zylinder- und Radsatzmaße, den Kessel und anderes ein. Technisch und von den Abmessungen her boten beide Reihen keine Besonderheiten, so daß sich nähere Ausführungen erübrigen. Bemerkenswert ist allenfalls die Tatsache, daß die Garratts die Modified-Fairlies um Jahre überlebten.

Die Reihe GF der South African Rw.

Erwähnenswert ist die Beteiligung deutscher Firmen an der Lieferung von Garratt-Lokomotiven nach der Lizenzübernahme von Beyer-Peacock. Krupp lieferte 1927/28 39 (1'C1')(1'C1')-Maschinen der Reihe GCA und Linke Hoffmann 1929 fünf (1'C1')(1'C1') der Reihe GDA. Die zwischen 1927 und 1928 von Hanomag, Henschel und Maffei gebauten 65 (2'C1')(1'C2')-Garratt-Lokomotiven wiesen in vielerlei Hinsicht Beachtliches auf.

Die für die South African Rw. neue Achsfolge in Verbindung mit einem Kuppelraddurchmesser von 1 371 mm machte sie auch für Reisezüge brauchbar, die Zylinder von 406 mm Durchmesser bei 660 mm Hub erzeugten genügend Leistung, und der Barrenrahmen der Triebgestelle, die 5,95 m Achsstand aufwiesen, sollte sich als besonders wertvolle Errungenschaft herausstellen; der Gesamtachsstand belief sich auf 21,26 m. Der Kessel für 1,3 MPa (13 kp/cm²) Druck hatte eine Rostfläche von 4,1 m², 189 m² Heiz- und 52 m² Überhitzerfläche; von 143,3 t Dienstmasse entfielen 80,2 t auf die Kuppelräder, genug für eine Zugkraft von 155 kN (15,5 t). Die Vorratsbehälter nahmen 18,1 m³ Wasser und 10 t Kohle auf; die Höchstgeschwindigkeit lag bei 85 km/h.

Die GF erwiesen sich während ihrer Dienstzeit als überaus brauchbare Maschinen sowohl für den Hauptstrecken- als auch für den Nebenbahndienst; einige verschrottete man nach Unfällen, vier übernahm Moçambique, über den Rest liegen dem Autor keine Einsatzberichte vor.

Die Reihe HF der South African Rw.

1927 splitterte die South African Rw. einen Auftrag noch einmal auf zwei Bauformen auf. Beyer-Peacock baute zehn (1'D1')(1'D1')-Garratts, während Henschel zehn Modified-Fairlies derselben Achsfolge produzierte, bezeichnet als GE und HF. Die Hauptmaße stimmten auch hier überein.

1928 konnte Henschel eine weitere HF verkaufen, während Beyer-Peacock 1931 zwei GE nachlieferte. Auch hier überlebten die Garratts länger; die HF schieden schon 1950/51 aus dem Dienst aus.

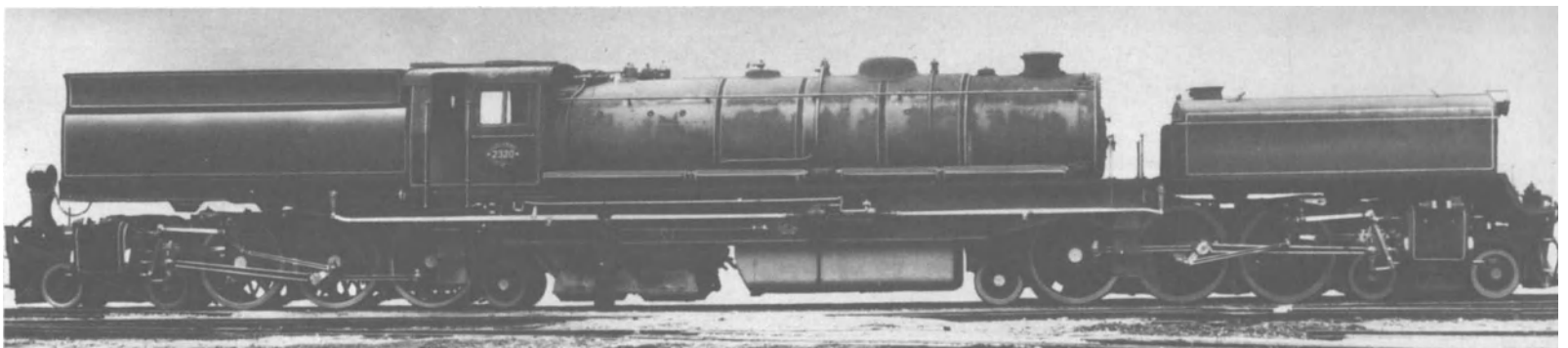
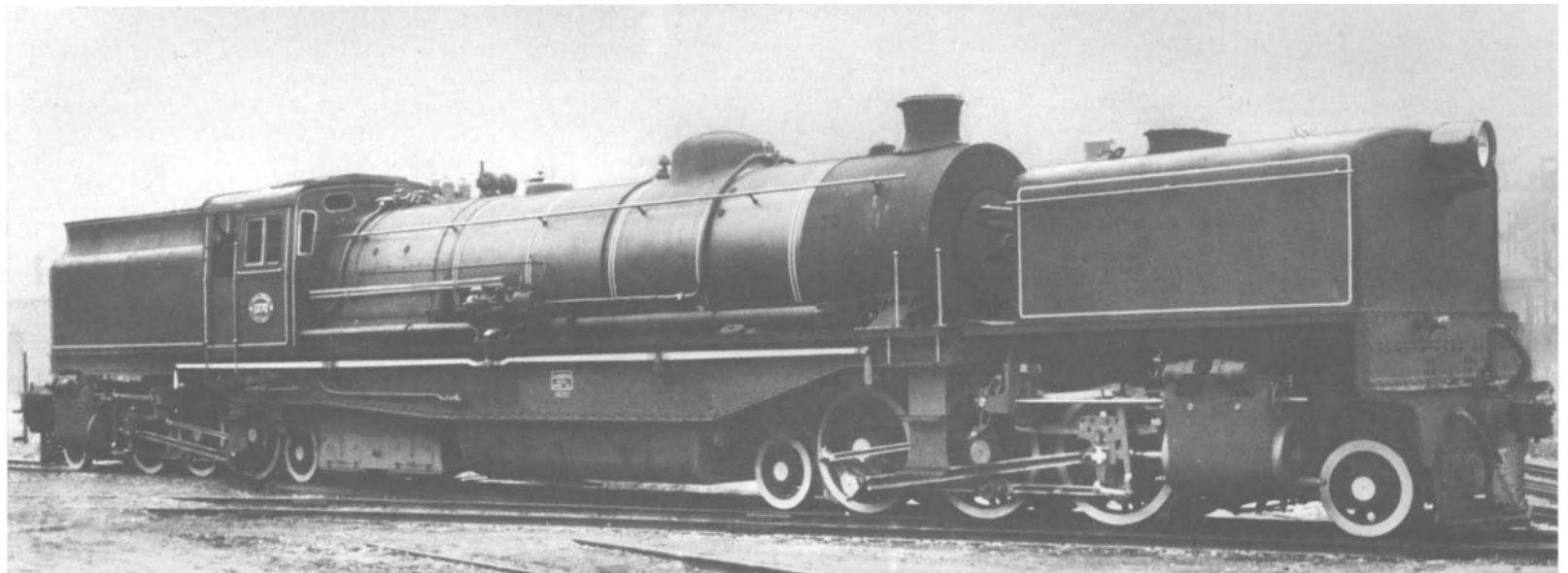
Da es die größten Modified-Fairlies waren, seien hier die technischen Daten der HF genannt: Zylinderdurchmesser 457 mm, Hub 610 mm, Kuppelraddurchmesser 1156 mm, Drehgestellachsstand 6,97 m, Gesamtachsstand 21,29 m, Kesseldruck 1,26 MPa (12,6 kp/cm²), Rostfläche 4,9 m², Heizfläche 192 m², Überhitzerfläche 67,5 m², Länge über Kupplung 23,64 m, Dienstmasse 154,9 t, Reibungsmasse 106 t, Zugkraft 209 kN (20,9 t), Wasservorrat 20,9 m³, Kohle-

vorrat 11,5 t, Höchstgeschwindigkeit 50 km/h.

Die Reihen U und GH der South African Rw.

Um die Typenvielfalt noch reichhaltiger zu gestalten, erschien jetzt mit der Union-Garratt ein weiterer neuer Typ. Bei diesem saß der Frontwasserbehälter wie bei einer normalen Garratt auf dem vorderen Triebgestell, während der Kohlebunker und der rückwärtige Wasserbehälter auf der Rahmenverlängerung wie bei der Modified-Fairlie ruhten.

Maffei erhielt den Auftrag für zwei Reihen, beide für den Vollbahndienst auf der sehr



kurvenreichen Strecke von Kapstadt nach Pietermaritzburg bestimmt und mit einer Achsfahrmasse, die bei den südafrikanischen Gelenklokomotiven die 18-t-Grenze erstmals überschritt. Alle Lokomotiven beider Reihen hatten Barrenrahmen und Stokerfeuerung sowie einen Zusatzwasserbehälter unter dem Hauptrahmen. Maffei lieferte zehn (1'C1')(1'C1')-Maschinen als Reihe U für den Güterzugdienst im Jahre 1927 und im selben Jahr zwei (2'C1')(1'C2') als Reihe GH für Reisezüge. Diese beiden Typen stellten damals die größten und schwersten Lokomotiven Südafrikas dar und wurden als Garratts nur von den (1'D1')(1'D1')-Maschinen der Nitrate Rw. in Chile übertroffen.

Die technischen Daten der Reihe U lauteten: Zylinderdurchmesser 470 mm, Hub 660 mm, Kuppelraddurchmesser 1219 mm, Drehgestellachsstand 5,99 m, Gesamtachsstand 20,395 m, Kesseldruck 1,26 MPa (12,6 kp/cm²), Rostfläche 5,5 m², Heizfläche 236,8 m², Überhitzerfläche 70 m², Länge über Kuppelung 22,76 m, Dienstmasse 167 t, Reibungsmasse 112 t, Zugkraft 227 kN (22,7 t), Wasservorrat 24 m³, Kohlevorrat 14 t.

In folgenden technischen Daten wich die Reihe GH davon ab: Zylinderdurchmesser 495 mm, Kuppelraddurchmesser 1523 mm, Drehgestellachsstand 7,67 m, Gesamtachsstand 23,342 m, Heizfläche 222,8 m², Überhitzerfläche 76,6 m², Länge über Kuppelung 25,91 m, Dienstmasse 187,5 t, Zugkraft 202 kN (20,2 t), Wasservorrat 27,3 m³, Kohlevorrat 13,5 t.

Die ersten Lokomotiven der Reihe U schieden schon 1952 aus dem Dienst aus, die restlichen blieben bis 1957 erhalten, ebenso die beiden GH.

Erwähnt werden soll noch, daß die letzten Garratts der South African Rw. 1954 als Reihe GO und 1952 bis 1958 als Reihe GMA und GMAM erschienen. Alle hatten die Achsfolge (2'D1')(1'D2') und unterschieden sich nur hinsichtlich der Massen und einiger Details. Von der GMA und der GMAM stellten Henschel 55, Beyer-Peacock 33 und North British 32 Stück her; damit bildeten diese beiden Reihen die zahlenmäßig größte Gruppe aller je gebauten Garratt-Lokomotiven.

Die Reihe EC3 der Kenia-Uganda Rw.

Neben Südafrika waren auch Rhodesien, Angola, Moçambique und Ostafrika wichtige Einsatzländer der Garratt-Bauart. Zweimal übernahm die Kenia-Uganda-Bahn eine Pionierrolle. 1926 setzte sie mit der Reihe EC1 die ersten (2'D1')(1'D2')-Garratts ein, und ab 1939 liefen auf ihrem Streckennetz die imposanten (2'D2')(2'D2')-Maschinen der Reihe EC3, deren Achszahl für den Garratt-Typ unübertroffen bleiben sollte. Diese gut konstruierten Lokomotiven verbesserten das Leistungspotential der Bahn nicht nur durch den Kuppelraddurchmesser von 1372 mm, der sie auch für Reisezüge brauchbar machte, sondern auch durch ihre hohe Zugkraft. Neu für Afrika war auch der Barrenrah-

men, der sich für den schweren Dienst bestens eignete.

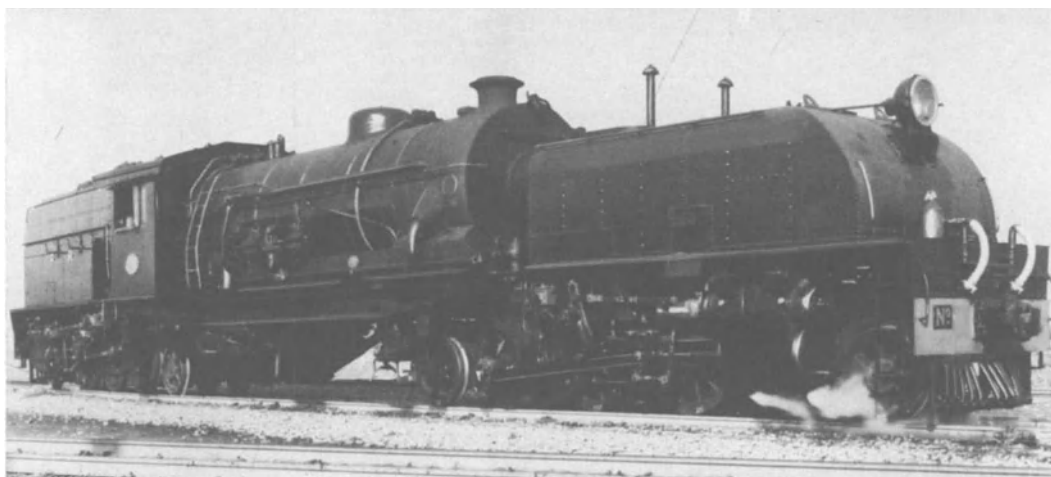
Eine Besonderheit bestand darin, daß sich die Maschinen für den Fall einer Verbindung des Bahnnetzes mit Südafrika leicht von Meter- auf Kapspur umrüsten ließen. Spurkranzlose Kuppelräder auf der ersten Kuppelachse jedes Triebgestells ermöglichten das Durchfahren von 84-m-Bögen; alle Achsen liefen auf Wälzlager; die Heusinger-Steuerung wirkte auf Ventile. Der Kessel hatte eine runde Feuerbüchse, die Stahlfeuerbüchse enthielt zwei Nicholsonsche Wasserkammern sowie zwei Tragrohre für den Feuerschirm; seine Heizfläche übertraf die der deutschen 03. In den sonstigen Bestandteilen entsprach die EC3 den bei Beyer-Peacock üblichen Bauepflogenheiten.

Die technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser 406 mm, Hub 660 mm, Kuppelraddurchmesser 1372 mm, Drehgestellachsstand 11,26 m, Gesamtachsstand 26,72 m, Kesseldruck 1,54 MPa (15,4 kp/cm²), Rostfläche 4,5 m², Heizfläche 210,5 m², Überhitzerfläche 44,4 m², Dienstmasse 186,3 t, Reibungsmasse 94 t, Zugkraft 189 kN (18,9 t), Wasservorrat 22,7 m³, Heizöl-vorrat 8,9 m³.

Die Leistungen dieser Lokomotiven waren überragend, nicht nur daß sie 575 t über 2%ige Steigungen bringen konnten, sie erzielten auch besonders hohe Laufleistungen bis zu 10840 km im Monat und bis zu 320000 km zwischen zwei Generalreparaturen. Später, nach Vergrößerung des Umgrenzungsprofils, erhöhte man ihre Kesselaufbauten, und bei der East African Rw. erhielten sie Giesl-Ejektoren; in dieser Form liefen sie zwischen Nairobi und Nakuru als Reihe 57.

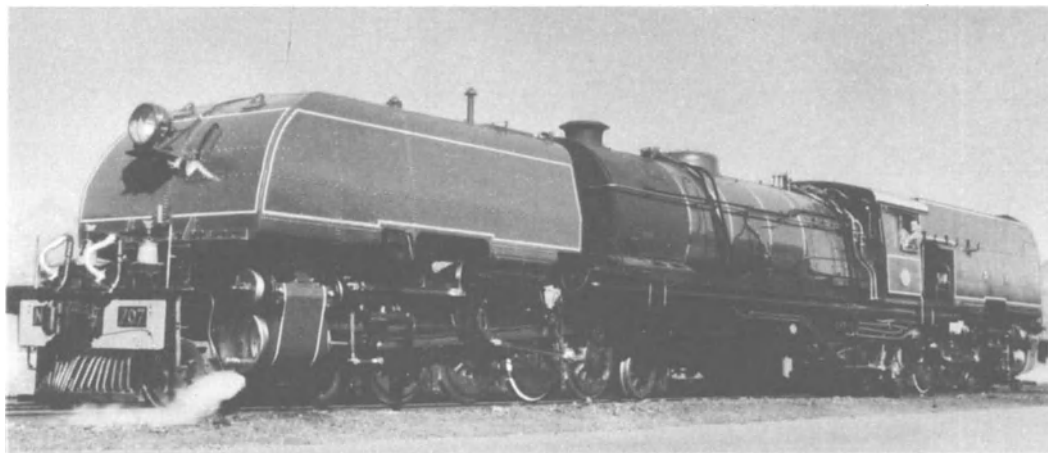
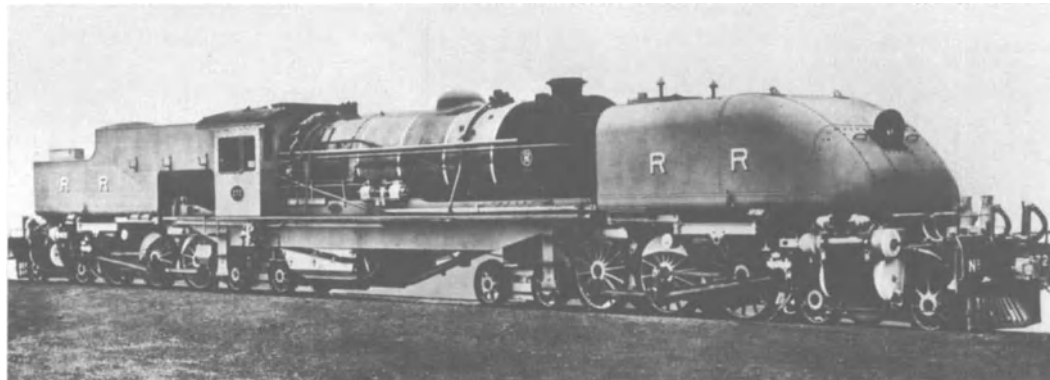
Die Reihe 59 der East African Rw.

Bleiben wir zunächst noch in Ostafrika. Die meterspurige East African Rw., 1948 hervorgegangen unter anderem aus der Kenia-Uganda-Bahn und den Strecken in Tansania, besaß mit der Reihe 59 die größten und leistungsfähigsten Lokomotiven, die je für Meterspur entstanden. Nicht genug damit, blieben sie die größten Lokomotiven Afrikas und mit Ausnahme der amerikanischen Mallet-Giganten die größten überhaupt gebauten Dampflokomotiven.



Garratt-Lokomotive der Reihe 15
der National Railways of Zimbabwe,
gebaut von Beyer-Peacock
nach dem zweiten Weltkrieg

Garratt-Lokomotive der Reihe 20
der National Railways of Zimbabwe,
von denen Beyer-Peacock
insgesamt 60 Stück baute



In den frühen 50er Jahren wurde der Verkehr auf dem Hauptabschnitt Mombasa–Nakuro, der eine Höhe von über 2750 m erreicht, wobei 865 km der Strecke in 1,52%igen Steigungen liegen, so umfangreich, daß die Beschaffung neuer Traktionsmittel unerlässlich schien. Die Achsfahrmasse glaubte man nach entsprechenden Oberbauverstärkungen auf maximal 21 t erhöhen zu können, und 1950 erhielt Beyer-Peacock den Auftrag über zunächst neun und kurz danach über 34 Maschinen der Achsfolge (2'D1')(1'D2'). Dazu muß man wissen, daß schon 1926 die ersten Garratts mit 10 t Achsfahrmasse in Ostafrika erschienen, die sich sehr gut bewährten. Schon 1938 beförderten die damals vorhandenen 36 Garratt-Lokomotiven über 65 % aller Züge auf der Hauptstrecke. Auch während und nach dem zweiten Weltkrieg spielte diese Bauart eine

überragende Rolle bei der Bewältigung des wachsenden Verkehrsaufkommens. Die neuen 59er, gedacht für die 526 km lange Mombasa–Nairobi-Sektion, sollten 1200 t über die Maximalsteigung bringen, während bisher nur 702 t zugelassen waren. Des weiteren mußten sie sich gegebenenfalls problemlos auf Kapspur umrüsten lassen. Ihre Triebwerke hatten Stahlgußzylinder von 520 mm Durchmesser bei 711 mm Hub und dazu 1372 mm große Kuppelräder; diese lagerten in einem Barrenrahmen. Der Triebgestellachsstand belief sich auf 9,41 m, der Gesamtachsstand auf 28,206 m. Zum ersten Mal in Ostafrika liefen alle Achsen auf Wälzlagern; die beiden mittleren Kuppelachsen wiesen spurkranzgeschwächte Räder auf. Der Kessel mit Stahlfeuerbüchse übertraf mit 2,29 m Durchmesser die Spurweite um mehr als das Dop-

pelte; er lieferte Dampf unter einem Druck von 1,58 MPa (15,8 kp/cm²); sein Rost umfaßte 6,69 m²; die Heizfläche betrug 331 m² und die Überhitzerfläche 69,5 m². Ausgelegt für Ölfeuerung, bestand die Möglichkeit, bei Bedarf auf Stokerfeuerung umzurüsten. Bei einer Länge über Kupplung von 31,737 m betrug die Dienstmasse 251,7 t, davon entfielen 159,5 t auf die Kuppelräder, ausreichend, um bei 85 % Füllung eine Zugkraft von 378 kN (37,8 t) zu entwickeln. Die Vorratsbehälter faßten 32,6 m³ Wasser und 10,2 m³ Heizöl.

Bei Versuchsfahrten erbrachten die unter den Betriebsnummern 5901 bis 5934 eingereihten Maschinen die geforderten Leistungen, allerdings ließen die vorhandenen Wagenkupplungen derartige Zugmassen oft gar nicht zu. Im übrigen entsprachen sie allen Erwartungen.

Die Reihen 231–132.AT und 231–132.BT für das algerische Netz der PLM

Die PLM benötigte in den 30er Jahren für ihr Normalspurnetz in Algerien, insbesondere für den Abschnitt zwischen Algier und Oran, leistungsfähige Schnellzuglokomotiven, um den Schiebedienst auf den dortigen 2,6%igen Steigungen einstellen zu können. In Zusammenarbeit mit Beyer-Peacock produzierte Franco-Belge 1932 eine (2'C1')(1'C2')-Garratt, die die PLM als 231–132.AT.-1 übernahm.

Abgesehen von den großen Abmessungen, lag das einzige unübliche Detail in der Anwendung des rotierenden Beyer-Peacock-Kohlebunkers. Bei dieser speziellen Bauform beförderten im Innern des zylindrischen Kohlebehälters schraubenförmig angebrachte Leitbleche die Kohle zum Heizerstand. Nach Probefahrten in Frankreich zwischen Laroche und Dijon, wobei sie auf Gefällestecken mit 120 km/h einen neuen Geschwindigkeitsrekord für Gelenklokomotiven aufstellte, kam sie nach Algerien, wo sie sich aber als nicht leistungsfähig genug erwies.

Franco-Belge überarbeitete die Konstruktion und lieferte zwischen 1936 und 1940 30 verstärkte Garratt-Lokomotiven derselben Achsfolge als 231–132.BT mit höherem Kesseldruck und vergrößerter Rostfläche. Der rotierende Bunker wich einem normalen

Vorratsbehälter mit Abdeckklappen und Kohlenachschubeinrichtung; die Handfeuerung erforderte die Besetzung durch zwei Heizer. Wirklich ungewöhnlich blieb ihre Gestaltung; sowohl der Front- als auch der Endtank hatten Zylinderform mit demselben Durchmesser wie der Kessel. Die Enden liefen stromlinienförmig aus; Windleitbleche bildeten mit den durchgehenden Kesselaufbauten eine Linie.

Die technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser 490 mm, Hub 660 mm, Kuppelraddurchmesser 1800 mm, Kesseldruck 2 MPa (20 kp/cm²), Rostfläche 5,4 m², Heizfläche 259,8 m², Überhitzerfläche 90,6 m², Länge über Puffer 29,46 m, Dienstmasse 216 t, Reibungsmasse 109,2 t, Zugkraft 264 kN (26,4 t), Wasservorrat 30 m³, Kohlevorrat 10,8 t.

Eine der neuen Maschinen, die 231–132.BT.11, erreichte bei Testfahrten auf der Strecke Paris–Calais eine Höchstgeschwindigkeit von 131 km/h, während die Maximalleistung bei 2208 kW (3000 PS) lag. Ihren Dienst versahen die BT auf der ganzen Länge der algerischen Hauptlinie von der tunesischen Grenze bei Ghardimaou bis nach Marokko bei Oudja, eine 1360-km-Distanz; dabei fuhren sie streckenweise 466-t-Züge mit 120 km/h. Die Kriegereignisse und die rasche Verdieselung führten in Algerien dazu, daß diese ungewöhnlichen Garratts schon 1951 ausschieden.

Garratt-Lokomotiven in Südamerika

Die (2'C)(C2')-Lokomotiven der brasilianischen Mogyana-Bahn

In Amerika konnte die Garratt-Lokomotive nur südlich von Panama Fuß fassen. In den USA nahm Alco zwar eine Lizenz auf, von der sie aber weder für den heimischen Markt noch für den Export Gebrauch machen konnte. In Südamerika liefen Garratts stets dort, wo besondere Einsatzbedingungen vorlagen, aber niemals erlangten sie den Ruf einer Standardbauart wie in Afrika. Obwohl die meisten in den Bergdienst gingen, umfaßte das Einsatzspektrum auch den Rangier- und den Schnellzugdienst. Garratts erschienen in Argentinien, Brasilien, Bolivien, Chile, Ecuador, Peru und Kolumbien. Die meterspurige brasilianische Mogyana-

Bahn war die erste Eisenbahn Amerikas, die Garratt-Lokomotiven verwendete. Einmalig blieb die Achsanordnung (2'C)(C2'), die Beyer-Peacock nie wieder ausführte. Bei den beiden 1912 gelieferten Exemplaren handelte es sich um Naßdampfmaschinen mit innen liegendem Blechrahmen und Belpaire-Kessel; zwei Jahre später folgten drei ganz ähnliche, jedoch mit Überhitzer und Kolbenschieber. Die fünf Lokomotiven überlebten beide Weltkriege, dürften aber inzwischen ausgemustert sein.

Die technischen Daten der zweiten Serie waren: Zylinderdurchmesser 356 mm, Hub 508 mm, Kuppelraddurchmesser 1157 mm, Kesseldruck 1,12 MPa (11,2 kp/cm²), Rostfläche 2,5 m², Heizfläche 117,9 m², Überhitzerfläche 25 m², Dienstmasse 75,8 t, Reibungsmasse 53,3 t, Wasservorrat 7,6 m³, Kohlevorrat 4 t.

Die Reihe R der Sao-Paulo-Bahn

Die in 1676-mm-Spur ausgeführte Sao-Paulo-Bahn, die vom Hafen Santos nach Sao Paulo führt, hatte Streckenabschnitte mit leichtem Oberbau und schwachen Brücken, die den Einsatz schwerer Regellokomotiven nicht ermöglichten. So konnte Beyer-Peacock 1915 drei recht erfolgreiche (2'B)(B2')-Garratts der Reihe Q mit Kuppelrädern von 1524 mm Durchmesser liefern. Ihnen folgten 1927 sechs (1'C1')(1'C1')-Typen, deren Zylinder von 508 mm Durchmesser bei 660 mm Hub an 1676 mm große Kuppelräder angriffen, was sie zu den ersten echten Schnellzug-Garratt-Lokomotiven stempelte. Auch die sonstigen Abmessungen, wie der Kesseldruck von 1,4 MPa (14 kp/cm²), die Rostfläche von 4,6 m², die Heizfläche von 274,7 m², die Überhitzerfläche von 62,1 m², die Dienstmasse von 158,3 t, die Reibungsmasse von 111 t und die Zugkraft von 214 kN (21,4 t) kennzeichneten die als R1 eingeordneten Einheiten als bemerkenswerte Lokomotiven.

500-t-Züge konnten mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 64 km/h und einer Höchstgeschwindigkeit von 96 km/h über eine 60-km-Distanz gebracht werden. Da sich der Wasservorrat von 11,7 m³ als zu knapp erwies, baute die Bahn die R1 1931 in (2'C1')(1'C2')-Maschinen als Reihe R2 mit einem Wasservorrat von 15,1 m³ um; der Koh-

lebehälter faßte unverändert 5 t. In dieser Form blieben sie bis zur Elektrifizierung im Jahre 1950 erhalten.

Garratt-Lokomotiven in Europa

Die Reihe U1 der London & North Eastern Rw.

Obwohl in Europa entwickelt und in großer Stückzahl für andere Kontinente gebaut, fand die Garratt-Lokomotive hier nur begrenzt Eingang. Die größte Zahl von ihnen lief dabei in Großbritannien, wo die Nummer 2395 der Reihe U1 der London & North Eastern Rw., geliefert 1925 von Beyer-Peacock, den Anfang auf Hauptstrecken machte. Die U1 zählte dabei mit ihrer Achsfolge (1'D)(D1') zu den ersten achtfach gekuppelten Garratts; sie war zudem die größte bis dahin gebaute Lokomotive dieser Art überhaupt und übertraf alle britischen Lokomotiven sowohl in den Abmessungen als auch in der Leistungsfähigkeit; die Drillingstriebwerke in jedem Drehgestell gab es bei Garratt-Lokomotiven bis dahin ebenfalls noch nicht. Ansonsten bot sie keine Besonderheiten.

Als erste ihrer Art in Großbritannien verdient sie dennoch die Nennung der technischen Daten: Zylinderdurchmesser 470 mm, Hub 660 mm, Kuppelraddurchmesser 1422 mm, Drehgestellachsstand 8,089 m, Gesamtachsstand 24,1 m, Kesseldruck 1,26 MPa (12,6 kp/cm²), Rostfläche 5,25 m², Heizfläche 278 m², Überhitzerfläche 60,5 m², Länge über Puffer 26,9 m, Dienstmasse 178 t, Reibungsmasse 143,9 t, Zugkraft 330 kN (33 t), Wasservorrat 22,7 m³, Kohlevorrat 7 t.

Nach der Präsentation auf der Ausstellung zur Jahrhundertfeier der Stockton & Darlington Rw. im Jahre 1925 kam sie in den Schiebedienst bei Worsboro; im März 1949, nachdem die Strecke elektrifiziert war, ging sie zur Lickey-Rampe bei Bromsgrove, und im November 1950 gelangte sie zur Eastern Region. Dort erhielt sie 1952 Ölfeuerung, 1955 erfolgte die Verschrottung.

Die (1'C)(C1')-Lokomotiven der London, Midland & Scottish Rw.

Die nächste Garratt-Lokomotive lieferte Beyer-Peacock als (1'C)(C1')-Typ an die London, Midland & Scottish Rw., bei der sie die

Doppeltraktion zweier C-Lokomotiven erübrigen sollte. Die Maschine besaß Zwillingstriebwerke mit Zylindern von 470 mm Durchmesser bei 660 mm Hub und 1 618 mm große Kuppelräder; diese Maße gestatteten später auch den gelegentlichen Einsatz im Reisezugdienst. Der Drehgestellachsstand belief sich auf 7,85 m, der Gesamtachsstand auf 24,08 m. Im übrigen lehnte sich die Ausführung beider Drehgestelle eng an die Laufwerke der 1'C-Maschinen der Bahngesellschaft an, so daß eine große Zahl von Teilen gleich ausfiel.

Auch die Ausrüstungsbestandteile für den Belpaire-Kessel und den Überhitzer waren genormt; der Kessel für 1,33 MPa (13,3 kp/cm²) Dampfdruck hatte eine Rostfläche von 4,14 m², 198,7 m² Heiz- und 46,5 m² Überhitzerfläche. Bei 26,78 m Länge über Puffer kam man auf 150,9 t Dienst- und 116,2 t Reibungsmasse; trotz einer maximalen Achsfahrmasse von 20 t blieb die Zugkraft auf 182 kN (18,2 t) beschränkt, so daß dieselbe Leistung auch eine große 1'D hätte erbringen können. Die Vorratsbehälter nahmen 20,5 m³ Wasser und 7 t Kohle auf.

Die ersten drei 1927 mit den Betriebsnummern 4997 bis 4999 gelieferten Exemplare hatten nur eine Höhe von 3,89 m, dagegen die ab 1930 gebauten 30 Stück mit den Betriebsnummern 4967 bis 4996 eine Höhe von 4,03 m. Diese Maschinen bekamen auch größere Vorratsbunker und nach fehlgeschlagenen Versuchen mit Kohlenachschubeinrichtungen rotierende Kohlebunker.

Eingesetzt auf verschiedenen Strecken, so auch auf der 200-km-Distanz zwischen Toton Yard und Cricklewood, wo sie 1500-t-Züge beförderten, schieden sie ab Juni 1953 aus dem Dienst aus; die letzte überlebte bis zum April 1958.

Garratt-Lokomotiven auf britischen Industriebahnen

Erwähnt werden müssen noch die Garratt-Lokomotiven, die ab 1924, also noch vor dem Erscheinen der U1, auf verschiedenen Industriebahnen liefen; die letzte überlebte immerhin bis 1965. Diese Industrie-Garratts entsprachen in der Ausführung den üblichen Industriemaschinen durchaus; sie hatten keine Überhitzer, aber dafür Flachschieber, Walschaert-Steuerung, Blechrahmen, Bel-

paire-Kessel und verfügten über die typischen eckigen Vorratsbehälter der frühen Garratt-Lokomotiven.

Erste spanische Garratt-Lokomotiven

Zweites Anwenderland des Garratt-Systems in Europa war Spanien. Den Anfang machte 1922 die in Meterspur ausgeführte Catalani-sche Bahn mit vier (1'C)(C1')-Lokomotiven, die sie von St. Leonard aus Liege bezog; die kapspurige Rio Tinto kaufte 1930 zwei (1'C1')(1'C1')-Maschinen bei Beyer-Peacock, und die meterspurige La-Robla-Bahn übernahm zur selben Zeit vier ähnliche Einheiten von Hanomag und Babcock; den Abschluß bildete die ebenfalls in Meterspur verlegte Minero de Sierra Menara, die zwei (1'C1')(1'C1')-Lokomotiven der spanischen Firma Euskalduna einsetzte.

Die Reihe 100 der spanischen Central de Aragon

Spanien hat seine Vollbahnen bekanntlich in 1 674-mm-Spur ausgeführt; die ersten dort verkehrenden Garratts liefen auf der Central de Aragon, die Zaragoza und Calatayud durch die Berge von Aragon mit der Mittelmeerküste verbindet. Der starke und ständig wachsende Verkehr erforderte die Beschaffung stärkerer Traktionsmittel, so daß zwei Reihen Garratt-Lokomotiven unter Beyer-Peacock-Lizenz bei spanischen Herstellern entstanden.

Der Stolz der Bahn waren sechs (2'C1')(1'C2')-Reisezuglokomotiven, geliefert 1931 von Euskalduna in Bilbao, bestimmt für die neue Strecke von Caminreal nach Zaragoza. Sie sollten dort 300-t-Züge mit 40 km/h auf 2,15%igen Steigungen und mit 90 bis 100 km/h in der Ebene befördern; dabei wies die erwähnte Steigung bei 20 km Länge zahlreiche Bögen bis zu 300 m Radius auf.

Die beiden Zylinder jedes Drehgestells von 484 mm Durchmesser und 660 mm Hub wirkten auf Kuppelräder, die mit 1 750 mm Durchmesser die aller anderen Garratts jener Zeit übertrafen. Mit einem Achsstand von 8,992 m je Drehgestell und 25,527 m Gesamtachsstand sowie einem Kessel für 1,4 MPa (14 kp/cm²) Dampfdruck, einer Rostfläche von 4,9 m², einer Heizfläche von 293,2 m², zuzüglich 69 m² Überhitzerfläche, gehörten sie bei einer Länge über Puffer von

28,548 m und einer Dienstmasse von 184 t zu den größten Lokomotiven Europas. 93 t Reibungsmasse erlaubten eine Zugkraft von 185,4 kN (18,54 t), ausreichend, um das vorgegebene Leistungsprogramm zu erfüllen.

Die Central de Aragon setzte die Maschinen als Nummer 101 bis 106, wie vorgesehen, im Reisezugdienst ein, dort verblieben sie auch nach Übernahme durch die Staatsbahn 1941 als Nummer 462-0401 bis 462-0406. Nach 36 Dienstjahren, der längsten Dienstdauer einer Gelenklokomotive im Reisezugdienst, beförderten sie ab 1967 Güterzüge.

Die Reihe 200 der spanischen Central de Aragon

Für den Güterzugdienst auf derselben Relation wie die Reihe 100 baute Babcock & Wilcox 1931 sechs (1'D1')(1'D1')-Garratt-Lokomotiven, die 500 t mit 22 km/h auf 2,15 % Steigung fahren mußten. In den Abmessungen fielen sie kleiner als die Reisezugmaschinen aus, und technisch boten sie keine Besonderheiten; trotzdem erwiesen sie sich als sehr erfolgreich. Noch 1961 entstanden weitere zehn Stück mit nur unwesentlichen Abweichungen, wozu die Ölfeuerung zählte; diese Garratts waren die letzten Neubaulokomotiven Spaniens, wenn nicht sogar Europas. Die Central de Aragon ließ ihre Exemplare als Nummer 201 bis 206 und die Staatsbahn als 282-0401 bis 282-0406 und als 282-0421 bis 282-0430 laufen.

Die Reihe Я-01 der sowjetischen Staatsbahn

Die hinsichtlich Masse und Abmessungen größte je gebaute Garratt-Lokomotive lieferte Beyer-Peacock 1932 in die UdSSR. Lediglich die Reihe 59 der East African Rw. übertraf die sowjetische Я-01 in der Reibungsmasse, und nur die südafrikanische GL kam ihr in der Zugkraft gleich.

Der im Aufbau einfach gehaltene Typ hatte die Achsfolge (2'D1')(1'D2'), einen Barrenrahmen, einen überaus großen Kessel mit Stokerfeuerung und verfügte über frostgeschützte Dampfleitungen. Bei 20 t Achsfahrmasse sollte sie 2500-t-Züge mit 15 km/h über 0,9%ige Steigungen befördern; hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit ließ sie sich innerhalb der UdSSR also lediglich mit der Reihe AA vergleichen.

Ihre technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser 570 mm, Hub 711 mm, Kuppelraddurchmesser 1500 mm, Drehgestellachsstand 8,89 m, Gesamtachsstand 30,08 m, Kesseldruck 1,55 MPa (15,5 kp/cm²), Rostfläche 7,95 m², Heizfläche 332 m², Überhitzerfläche 114 m², Länge über Kupplung 31,599 m, Dienstmasse 266,6 t, Reibungsmasse 158,3 t, Zugkraft 357 kN (35,7 t), Höchstgeschwindigkeit 65 km/h, Wasservorrat 30,7 m³, Kohlevorrat 16 t.

Nach der Ankunft in Leningrad kam die Я-01 im Februar/März 1933 zum Einsatz auf der Strecke Swerdlowsk–Tscheljabinsk–Perm, danach ging sie zur Stalingrader Bahn. In der zweiten Jahreshälfte erfolgte eine gründliche Auswertung im Institut für Eisenbahntransport.

Obwohl keine Einsatzprobleme bekannt geworden sind, blieb es beim Prototyp, dessen Ausmusterung 1937 erfolgte; die sowjetische Staatsbahn kam vom Konzept der Superlokomotive ab und reduzierte lieber die Zugfahrmasse.

1.2.8.

Golwé-Lokomotiven

Golwé-Lokomotiven vereinigten Elemente der Bauarten Mallet und Garratt; sie bestanden aus dem Kessel und das Führerhaus tragenden Haupttrahmen und zwei Triebdrehgestellen. Im Interesse geringen Achsstandes rückten beide so dicht wie möglich an den Stehkessel; die Zylinder lagen vor

der ersten Kuppelachse. Dabei befand sich das vordere Triebdrehgestell unter dem Langkessel und nahm deshalb keine Vorratsbehälter auf, das hintere Triebdrehgestell trug den Wassertank, der den auf der Haupttrahmenverlängerung untergebrachten Brennstoffbehälter U-förmig umfaßte. Um die mit den Vorräten abnehmende Reibungsmasse mit der Zylinderleistung ins richtige Verhältnis zu setzen und so ein Durchdrehen der Kuppelräder zu vermeiden, sorgte ein vom Wasserstand abhängiges Ventil für die richtige Füllung der rückwärtigen Zylindergruppe. Trotz der nahe beieinander liegenden Triebgestelle ließen sich Feuerbüchse und Aschkasten ausreichend groß ausbilden.

Die Golwé-Lokomotiven der Elfenbeinküste

Als Ende der 20er Jahre die meterspurige Eisenbahn der Elfenbeinküste für den Dienst auf den kurvenreichen und gebirgigen Strecken leistungsfähige Lokomotiven suchte, führte die belgische Lokomotivfabrik Haine-Saint-Pierre nach den Ideen des damaligen Betriebsdirektors *G. Goldschmidt* und des Chefingenieurs *A. Weber* erstmals Golwé-Lokomotiven aus; dabei ergab sich der Name für die neue Bauart aus den Anfangsbuchstaben der Erfinder.

Die vier 1928, nach anderen Angaben 1930, gelieferten (1'C)(C1')-Maschinen hatten vier einfach wirkende Zylinder von 400 mm Durchmesser bei 560 mm Hub, die auf

1100 mm große Kuppelräder wirkten. Der Kessel für 1,2 MPa (12 kp/cm²) Dampfdruck war für Holzfeuerung vorgesehen, der Rost umfaßte 2,75 m², die Heizfläche 163,6 m². Mit 87,7 t Dienst- und 73 t Reibungsmasse ließ sich eine Zugkraft von 140 kN (14 t) entwickeln, die Vorräte beliefen sich auf 10 m³ Wasser und 4 t Holz.

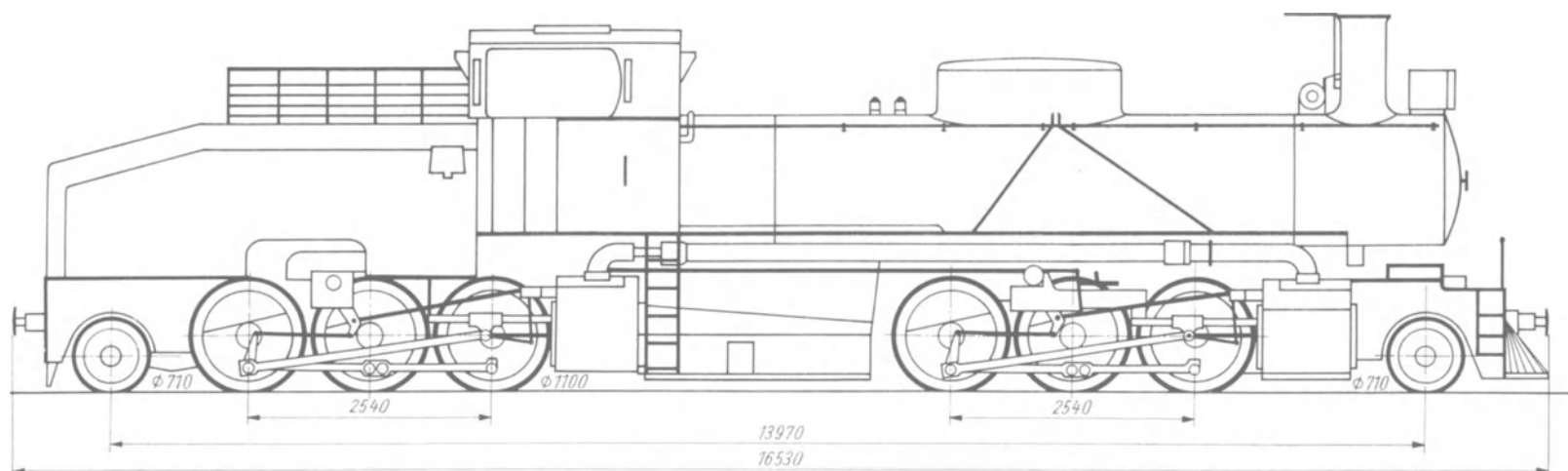
Bei Versuchsfahrten auf der 342 km langen Linie von Abidjan nach Bouake mit Steigungen von bis zu 2,5 % und 80-m-Kurven konnten 260 t mit 10 km/h gefahren werden; die Höchstgeschwindigkeit lag bei 50 km/h.

Die Golwé-Lokomotive der Congo-Ocean-Bahn

Im allgemeinen bewährten sich die Lokomotiven so gut, daß das französische Kolonialministerium beschloß, für die Congo-Ocean-Bahn ebenfalls eine Golwé-Lokomotive zu bestellen. Für Kapspur mit der Achsfolge (1'C)(C2') gebaut, fiel sie größer und leistungsfähiger aus.

Bekannt sind der Kuppelraddurchmesser von 1200 mm, der Achsstand von 16,3 m, der Dampfdruck von 1,5 MPa (15 kp/cm²), die Rostfläche von 3,5 m², die Heizfläche von 153,7 m², zuzüglich 37,5 m² für den Überhitzer, die Dienstmasse von 114 t, die Reibungsmasse von 90 t und die Zugkraft von 175 kN (17,5 t). Die Vorratsbehälter nahmen 16 m³ Wasser und 5 t Kohle auf.

Am 4. 9. 1935 stellte die Bahn ihr neues Traktionsmittel als 90.100 in Dienst; Einsatzberichte sind dem Autor nicht bekannt.



1.2.9.**Single-Fairlie-
und Mason-Lokomotiven**

Die Single-Fairlie- und Mason-Lokomotiven bildeten eine Untergruppe der Fairlie-Lokomotiven. Wie diese ruhten sie ebenfalls auf zwei Drehgestellen, von denen aber nur das führende als Triebgestell wirkte. Des weiteren wick der Doppel- einem Regelkessel, dessen Aschkasten zwischen beiden Drehgestellen ruhte. Erhalten blieb so die ausgezeichnete Kurvenläufigkeit, gepaart mit einem einfachen Gesamtaufbau und den damit verbundenen Vorteilen für Herstellung und Einsatz. Allerdings sank die Zugkraft, da sich die Dienstmasse nicht mehr vollständig ausnutzen ließ.

Die britischen Single-Fairlie-Lokomotiven

Fast gleichzeitig mit der Schaffung der Fairlie-Lokomotive stellte Fairlie auch Untersuchungen an, die zur Single-Fairlie führten. Mit einer 1869 von den Inchicore Works gebauten regelspurigen B'2'-Tenderlokomotive mit Innentriebwerk für eine irische Bahn begann die Entwicklung. 1870 entstand eine Schwestermaschine; beide Exemplare standen bis 1892 in Dienst.

Auch auf Schmalspurbahnen fand die neue Bauart Verwendung. 1875 schuf Vulcan Foundry für die 600-mm-spurige North Wales Narrow Gauge Rw. mit der „Snowdon Ranger“ und der „Moel Tryfan“ die ersten Schmalspurlokomotiven dieser Art, die zugleich die ersten C'2'-Maschinen Großbritanniens überhaupt waren. Mit einem Außentriebwerk von 216 mm Durchmesser bei 356 mm Hub, 762 mm Kuppelraddurchmesser, 1,823 m Triebgestell- und 4,559 m Gesamtachsstand, 1,12 MPa (11,2 kp/cm²) Kesseldruck, 0,5 m² Rost- und 34 m² Heizfläche, 14,3 t Dienst- und 9,7 t Reibungsmasse fielen sie sehr zierlich aus. Die Wasservorräte von 1,6 m³ fanden rechts und links des Kessels Platz.

Ein Jahr später entstanden mit den beiden B'2'-Single-Fairlies der Festiniog Rw. ganz ähnliche Lokomotiven.

**Die Reihen R und S
der New Zealand Government Rw.**

Die kapspurigen New Zealand Government

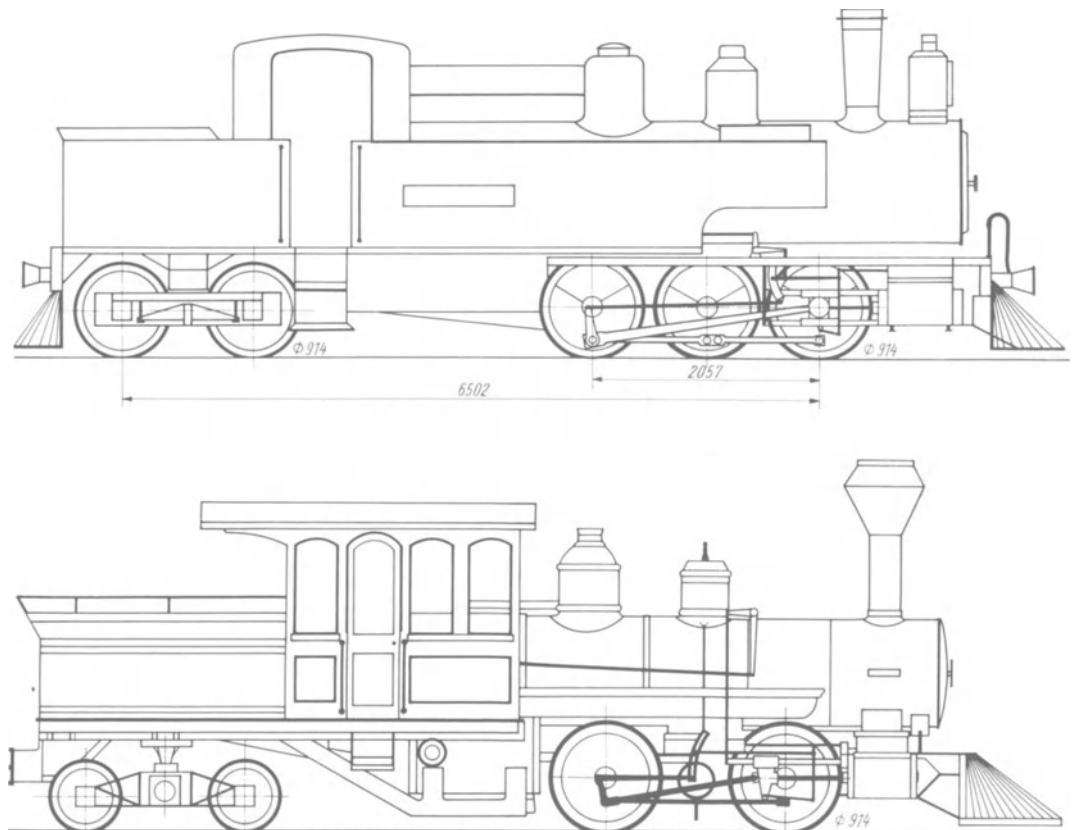
Rw. sahen in der Single-Fairlie eine Lokomotive, die manche ihrer Traktionsprobleme lösen konnte, und vergaben deshalb als einzige Bahngesellschaft außerhalb Großbritanniens 1878 an Avonside aus Bristol einen Auftrag über 18 derartige C'2'-Tenderlokomotiven.

Bekannt sind folgende technische Daten: Zylinderdurchmesser 311 mm, Hub 406 mm, Kuppelraddurchmesser 914 mm, Achsstand 6,502 m, Kesseldruck 0,91 MPa (9,1 kp/cm²), Rostfläche 1,1 m², Heizfläche 56,5 m², Dienstmasse 30,5 t, Zugkraft 29 kN (2,9 t), Wasservorrat 3,5 m³, Höchstgeschwindigkeit 40 km/h.

Bei der Ankunft in Neuseeland Ende 1878 gelangte die Reihe R zu den Auckland-, Wanganui-, Wellington- und Dunedin-Sektionen, wo sie sich in engen Kurven und auf starken Steigungen von der besten Seite zeigten. Obwohl als Gemischtzuglokomotive ausgelegt, beförderten sie gelegentlich auch Schnellzüge mit überraschend guten Ergeb-

nissen. Bis in die 30er Jahre hinein blieb die Reihe R, die das Personal übrigens sehr schätzte, im Einsatz. Zwei Exemplare überlebten bei einer Privatbahn sogar noch den zweiten Weltkrieg.

1880/81 konnte Avonside nochmals sieben Einheiten als leicht vergrößerte Variante liefern. Eingestuft als Reihe S, kamen sie zunächst nach Wellington, um später auch in andere Distrikte abzuwandern. Allerdings dauerte es wegen der primitiven Werkstattverhältnisse bis 1886, ehe das letzte Exemplar dem Betriebsdienst wirklich zur Verfügung stand. Der neue Typ machte gut Dampf, lief gut und hatte ein geräumiges Führerhaus; auch erwies er sich als robust und wartungsfreundlich. 1891 gingen drei Maschinen an die Western Australian Government Rw., die sie bis 1896/98 auf der Eastern Main Line einsetzte und 1900 verschrottete. Dagegen hielten sie sich in Neuseeland bis 1926.



Mason-Lokomotiven

Die Mason Machine Works aus Taunton in Massachusetts entwickelten aus der Fairlie-Bauart eine Single-Fairlie typisch amerikanischer Prägung, die als Mason-Lokomotive in den Fahrzeugpark verschiedener USA-Bahngesellschaften Eingang fand.

1871 verließ mit der „Onward“, Achsfolge B'2', die erste derartige Maschine das Werk. Bekannt wurde *William Mason* aber erst 1876 mit einer B'2', die er für eine 914-mm-spurige Ausstellungsbahn in Philadelphia, Pennsylvania, schuf. Mason wählte für sie Zylinder von 279 mm Durchmesser und 406 mm Hub; der Kuppelraddurchmesser betrug 914 mm, der Kesseldruck 1,05 MPa (10,5 kp/cm²); die Rostfläche 0,9 m² und die Heizfläche 39 m². Bei einer Reibungsmasse von 13 t konnte sie 3 m³ Wasser und 1,1 t Kohle aufnehmen. Nach Schluß der Ausstellung kam sie dann zur New York & Manhattan Beach Rw.

In der Folge entstanden immer größere Mason-Lokomotiven mit drei- und vierfach gekuppelten Triebdrehgestellen und teilweise dreiachsigen Laufdrehgestellen. Unter ihnen ist besonders die „William Mason“, eine 1874 für die New Bedford Rd. gebaute C'3', bemerkenswert, erhielt sie doch als erste USA-Lokomotive Walschaert-Steuerung.

Ursprünglich sollten Mason-Lokomotiven mit dem Kohlebunker voraus fahren; allerdings hatten nicht alle Bahnen Wendemöglichkeiten und ließen sie vor- und rückwärts mit der gleichen Geschwindigkeit verkehren. Um die Laufeigenschaften für beide Fahrrichtungen gleich gut zu gestalten, kamen ab 1878 auch Laufachsen für das Triebdrehgestell in Gebrauch. So erschienen zunächst (1'B)2'- und (1'B)3'-Lokomotiven, von letzterer ging ein Versuchsmuster als „Pokanoket“ an die Providence, Warren & Bristol Rd. Noch ungewöhnlicher fiel die 1887 gebaute (2'B)3' „Annawomscatt“ derselben Bahn aus, die aber nicht überzeugte und 1891 einen Umbau erlebte.

Die der Achszahl nach größte Einheit, eine (1'D)3', lief auf der Denver, South Park & Pacific RR.

In das Ausland lieferte Mason 1889 zwei (1'C)3' an die regelspurige Mexican Central Rw. für die kurven- und steigungsreiche Ver-

bindung Denver–El Paso–Mexico City. 1890 stellte Mason den Lokbau ein; andere Firmen wie Alco, Taunton Locomotive Manufacturing und Manchester Locomotive Works bauten noch bis 1925 solche Lokomotiven, bis sich die Mallets endgültig durchgesetzt hatten.

1.3. Teilgelenkige Lokomotiven

1.3.1. Stütztender-Lokomotiven

Stütztender-Lokomotiven bestanden aus einer gedrängt gebauten Hauptmaschinen-Gruppe mit fest im Rahmen gelagerten Kuppelachsen und einem großen, sehr leistungsfähigen Kessel, der nach hinten weit überhing und sich auf den Tender, dessen Vorderachse noch vor der Stehkesselvorderwand lag, abstützte. Durch entsprechende Ausbildung des Tenderrahmens ließ sich der Rost auch in der Breite angemessen ausführen. Die Verbindung zwischen der Hauptmaschinen-Gruppe und dem Stütztender erfolgte über ein vor der ersten Tenderachse angeordnetes, die Zugkraftübertragung übernehmendes Kugelgelenk, wodurch allen Ansprüchen an die Bogenläufigkeit und die gegenseitige Verwindungsfähigkeit gut entsprochen werden konnte.

In der Ursprungsform ließen sich auch die Tenderachsen antreiben; die Verbindung beider Triebwerksgruppen übernahmen Zahnräder. Gerade sie erwiesen sich als Schwachstelle; der Zahneingriff wurde nicht nur durch die gegenseitigen Schwenkbewegungen, sondern auch durch das Wanken, speziell beim Durchfahren von Gleisabschnitten mit wechselnder Überhöhung, empfindlich gestört. Obwohl diese Art der Stütztender-Lokomotive nur wenige Ausführungen erlebte, sollen im folgenden Kapitel auch alle anderen Varianten erörtert werden, da sie sich nun einmal aus dieser entwickelten.

Stütztender-Lokomotiven wiesen drei Hauptnachteile auf: die Beschränkung der unterbringbaren Vorräte, die Abnahme der Reibungsmasse bei Verbrauch des in der Regel auf der Lokomotive mitgeführten Wassers

und das schwierige Einheben bei Entgleisungen. Daraufhin entstand die sog. modifizierte Stütztender-Lokomotive, deren Tender ganz hinter dem Triebfahrzeug lag und so Platz für ausreichende Kohle- und Wassermengen bot.

Die CB'-Stütztender-Lokomotiven der österreichischen Semmeringbahn

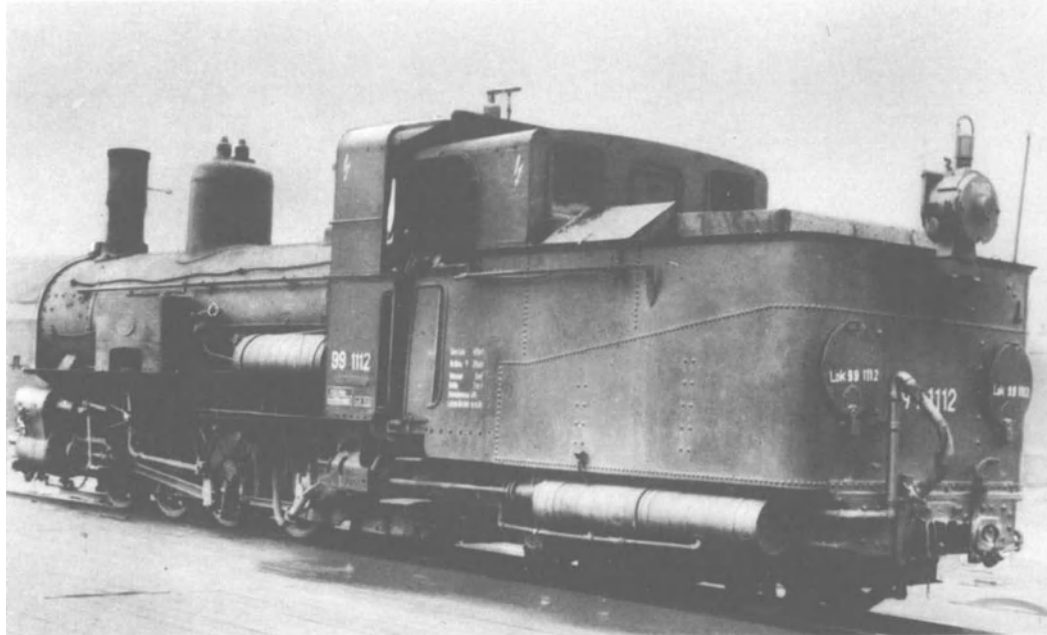
Aufbauend auf den Erfahrungen des Semmering-Wettbewerbes, entwickelte der dem Preisgericht zur Seite stehende Professor *Wilhelm Engerth* aus Graz eine brauchbare Lösung für eine Gelenklokomotive. Engerth drängte drei Kuppelachsen von 1067 mm Durchmesser auf nur 2,268 m Achsstand zusammen und sah für seinen Entwurf einen zweiachsigen Stütztender vor. Er verwendete für die Lokomotive Außenzylinder und Innenrahmen und für den Stütztender Außenrahmen; dieser Typ ging als Engerth-Stütztender-Lokomotive in die Geschichte ein.

1853 bauten Esslingen und Cockerill insgesamt 26 Exemplare, davon zwei mit der ursprünglich geplanten Zahnradkupplung bei der Triebgestelle. Die Maschinen bewältigten den Reise- und Güterverkehr über den Semmering äußerst zufriedenstellend und erbrachten so den Beweis, daß Reibungslokomotiven auch bei schwierigsten Streckenverhältnissen gute Ergebnisse erzielen konnten.

Die Engerthschen Stütztender-Lokomotiven in der Form C2' und die seit 1856 eingeführten zweifach gekuppelten Innenzylinder-Schnellzugmaschinen fanden in Österreich, Frankreich und der Schweiz rasch große Verbreitung.

Die D3'-Stütztender-Lokomotiven der französischen PLM

Edouard Beugnot, Chefkonstrukteur der Köchlingschen Lokomotivfabrik in Mühlhausen, schuf die Spielart der „modifizierten“ Stütztender-Lokomotive. Als erste ihrer Art erschienen die 1859 für die PLM erbauten D3'-Maschinen „La Rampe“ und „La Courbe“. Die Kolbenstangen der zwei Innenzylinder liefen nach vorn und arbeiteten auf je ein Querhaupt. Von dort erfolgte die weitere Kraftübertragung durch rechts und links



an den Zylindern vorbeigehende Stangen, die über Hallsche Kurbeln, notwendig wegen des Außenrahmens, und die doppelt gekröpfte erste Kuppelachse auf die Räder wirkten. Je zwei Kuppelachsen waren durch waagerechte Doppelhebel zwangsläufig miteinander verbunden und gewährleisteten so eine gute Kurvenläufigkeit. Den Stütztender, dessen erste Achse hinter der Feuerbüchse lief, verbanden Puffer und Zugstangen mit der Lokomotive.

Die weitere Entwicklung dieser Bauart, die auch auf der Giovi- und Apenninenstrecke Italiens zur Anwendung kam, führte dann ab 1862 zu normalen Außentriebwerken.

Die Behne-Kool-Stütztender-Lokomotiven der braunschweigischen Staatsbahn

Eine weitere Sonderbauart der Stütztender-Lokomotive entwickelte der Harburger Ingenieur *Behne* zusammen mit dem Holländer *Kool*. Das Besondere bestand im Kessel, der die Verfeuerung ungesiebter Grubenkohle und von Kohlenklein ermöglichte. Kennzeichnend war der über 2 m lange Rost, eingeteilt in einen Vorverbrennungsrost und einen Hauptrost. Auf ersterem fand bei niedriger Schütthöhe die Vorwärmung, Entzündung und Entgasung der Kohle statt, auf

dem Hauptrost erfolgte dann die Vergasung des entgasten Brennstoffes in großer Schütthöhe. Die lange Feuerbüchse erforderte die Anwendung eines Stütztenders mit hinter dem Stehkessel liegenden Achsen.

Egestorff-Hannover baute diesen Typ zwischen 1861 und 1872 für die braunschweigische Staatsbahn als C3'- und B3'-Güterzuglokomotiven mit gutem Erfolg, in Belgien fand diese Bauart unter *Belpaire* aber noch größere Verbreitung. Dagegen blieben die Behne-Kool-Maschinen die einzigen Stütztender-Lokomotiven in Deutschland überhaupt.

1.3.2. Fink-Lokomotiven

Fink-Lokomotiven, benannt nach ihrem Erfinder *Pius Fink*, zählen zu den ältesten bogenläufigen Lokomotiven. Fink ersetzte die ursprüngliche Zahnradkupplung der Stütztender-Lokomotiven durch eine neuentwickelte Kinematik. Dabei erfolgte die Kraftübertragung zwischen beiden Laufwerksgruppen über eine Blindwelle, die in zwei Ebenen beweglich vor der Feuerbüchse oberhalb der ersten Nachläuferachse angeordnet war. Ihre Lage fixierten Stangen, die

sie einerseits mit der letzten Kuppelachse der vorderen Triebwerksgruppe und andererseits mit der ersten Nachläuferachse verbanden. Je nach Bogeneinstellung behielt die Blindwelle zwar ihre parallele Lage zum Hauptrahmen bei, doch änderte sich das Höhenniveau. Im geraden Gleis nahm sie die höchste Stellung ein, mit kleiner werdendem Bogenhalbmesser verringerte sie sich. Kuppelstangen verbanden schließlich die Blindwelle in senkrechter Richtung mit der ersten Nachläuferachse und deren beide Achsen untereinander.

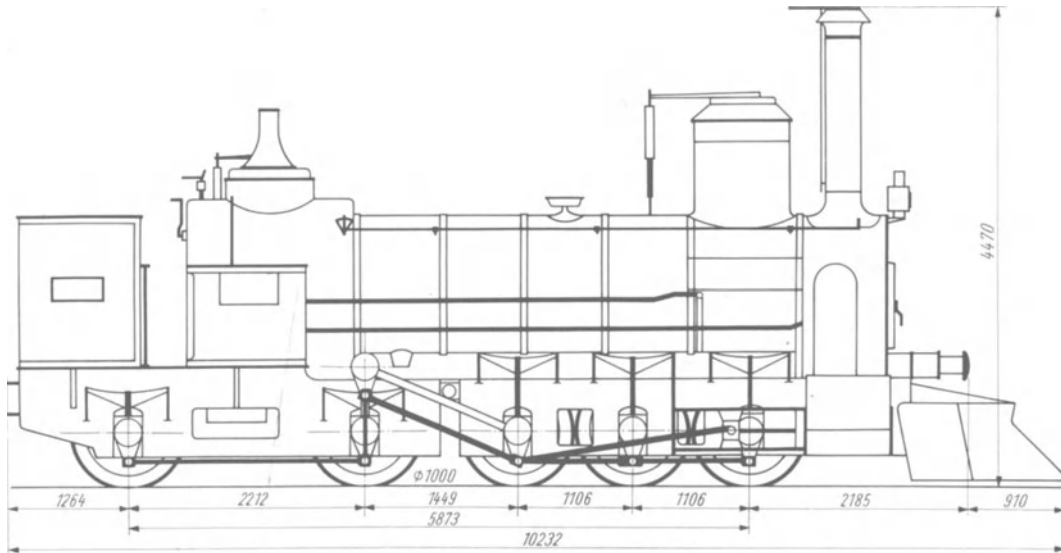
Fink-Lokomotiven ermöglichten einen hohen Kupplungsgrad und damit eine vollständige Ausnutzung der Dienstmasse für die Reibung. Nachteilig waren der komplizierte Gesamtaufbau und die Abnahme der Reibungsmasse bei sinkenden Vorräten. Ein Grundmangel des Fink-Systems bestand darin, daß sich die gesamte Kinematik vom Entwurf her nur auf eine Ebene bezog, während sich die Stangen und die Blindwelle ja in der Breite staffelten. In Kurven ergab dieser an sich unerheblich erscheinende Umstand Differenzen im Millimeterbereich, was zu großen Zerrungen und Stauchungen in den Triebwerksteilen führte, die deshalb ungewöhnlich groß ausfielen.

Die Reihe VI der Österreichisch-Ungarischen Staatseisenbahn-Gesellschaft

Als die Österreichisch-Ungarische Staatseisenbahn-Gesellschaft 1863 die Strecke Oravica–Anina mit 2%igen Steigungen, 114-m-Bögen und nur 9 t maximaler Achsfahrmasse eröffnete, benötigte sie dafür Lokomotiven, die 110 t mit mindestens 11 km/h fahren sollten. Deshalb beschaffte sie 1863 in der Wiener Maschinenfabrik der Bahngesellschaft mit der „Steyerdorf“ die erste Fink-Lokomotive als Reihe VI, gefolgt 1864 von der „Krahsova“ und der „Gerliste“. Alle drei hatten die Achsfolge CB', Zweizylinder-Außentriebwerke mit innen liegender Steuerung und Innenschiebern, Außenrahmen und Hallesche Kurbeln. Erwähnenswert ist neben der damals üblichen handbetätigten, auf den Nachläufer wirkenden Bremse auch die Gegendampf-Bremse.

Die technischen Daten dieser interessanten Maschinen lauteten: Zylinderdurchmesser

Prinzipdarstellung
des Klose-Triebwerkes der Reihe T3L
der württembergischen Staatsbahn
Die Pfeile geben die Bewegungsrichtung
des Gestänges in einer Linkskurve wieder.
Die Ziffern dienen der Zuordnung gleicher Punkte.



Dauer erwies sich die Bauart Fink freilich nicht als robust genug, so daß nur eine Maschine die 1891 erfolgte Verstaatlichung der Bahn überlebte und anschließend als Reihe TIVa lief.

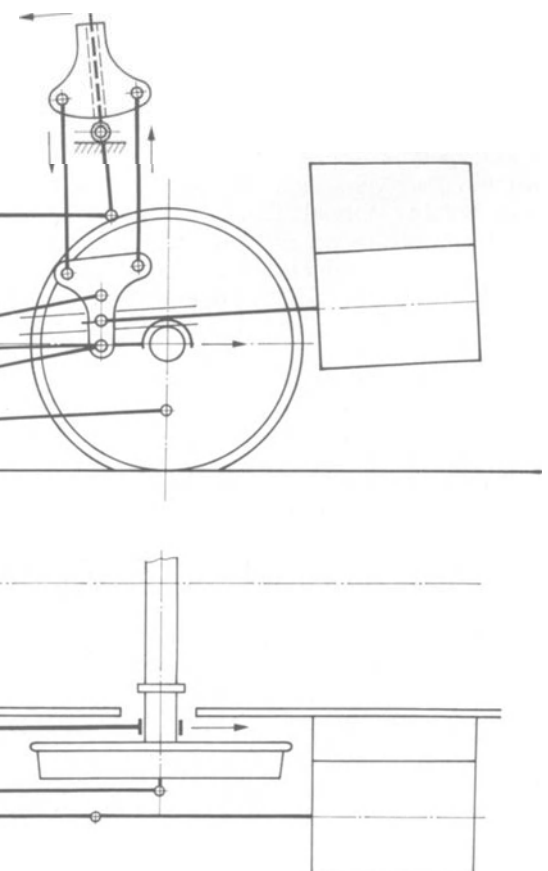
1.3.3. Klose-Lokomotiven

Der württembergische Oberbaurat und maschinentechnische Leiter der Staatsbahn, *Adolf Klose*, erfand 1884 das nach ihm benannte Triebwerkssystem. Bei diesem ließen sich die Endachsen durch ein Hebelsystem im Bogen radial einstellen; in Verbindung mit seitenverschiebbaren Festachsen ergab sich dadurch eine gute Kurvenläufigkeit. Die Kuppelstangen griffen an einer auf dem

460 mm, Hub 630 mm, Kuppelraddurchmesser 1000 mm, Achsstand der vorderen Triebwerksgruppe 2,212 m, Achsstand des Nachläufers 2,212 m, Gesamtachsstand 5,873 m, Kesseldruck 0,7 MPa (7 kp/cm²), Rostfläche 1,44 m², Heizfläche 122 m², Länge über Puffer 9,322 m, Dienstmasse 42 t, Zugkraft

70 kN (7 t), Wasservorrat 5 m³, Kohlevorrat 1,9 t.

1862 erschien die „Steyerdorf“ auf einer Londoner Ausstellung, hier noch als Tenderlokomotive, während sie fünf Jahre später in Paris einen zusätzlichen zweiachsigen Wasservagen mit Zugführerabteil mitführte. Auf



Treibzapfen drehbaren Scheibe, dem sogenannten Differentialkopf, an, die mit den verschiebbaren Endachsen über Hebel so verbunden war, daß jede Verschiebung derselben eine entsprechende Drehung der Scheibe bewirkte. Somit behielten die Kuppelstangen stets die richtige Länge bei. Der gesamte Einstellprozeß ließ sich entweder vom Tender her oder durch seitlich verschiebbare Mittelachsen steuern.

Das Klose-Triebwerk fiel besonders vielteilig und damit wartungsintensiv aus und hatte daher nur bei extremen Krümmungsverhältnissen Berechtigung. Das unvermeidliche, ständig größer werdende Spiel der Bolzen in ihren Lagern und der Mitnehmer auf den Achsen bewirkte bei mangelnder Pflege bald unruhigen Gang.

Die Reihe III4a der Bosnisch-Herzegowinischen Landesbahnen

Für die Erschließung der ab 1878 von Österreich verwalteten Gebiete Bosniens und der Herzegowina entstanden 760-mm-spurige Schmalspurbahnen, die wegen der schwierigen Geländeverhältnisse starke Steigungen und Kurven bis herab zu 33 m Radius aufwiesen. Der ständig wachsende Verkehr führte dann zusammen mit diesen Gegebenheiten mehrfach zur Entwicklung bemerkenswerter kurvenbeweglicher Lokomotiven, für die besonders das Klose-System starke Verbreitung fand.

Ab 1884 kamen insgesamt 34 C-Lokomotiven mit einachsigen Stütztender aus dem Werk von Krauss in Linz an die Bosnisch-Herzegowinischen Landesbahnen. Sie hatten Innenzylinder, Außenrahmen und außen liegende Schieberkästen für die Stephenson-Steuerung. Die radiale Einstellung der Endkuppelachsen übernahm der Stütztender, der auch den Kohlebunker trug, die Wasservorräte nahmen seitliche Kästen auf.

Bekannt sind folgende technische Daten der als Reihe III4a eingestuft Lokomotiven. Zylinderdurchmesser 290 mm, Hub 450 mm, Kuppelraddurchmesser 900 mm, Achsstand 6 m, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 0,9 m², Heizfläche 58,2 m², Länge über Kupplung 9,234 m, Dienstmasse 25,6 t, Reibungsmasse 19,2 t, Zugkraft 49 kN (4,9 t), Wasservorrat 2,7 m³, Kohlevorrat 2 t.

Trotz des sehr vielteiligen Trieb- und Laufwerkes sollen sich die III4a gut bewährt haben, so daß weitere Klose-Lokomotiven bestellt wurden.

Die Reihe V6c der Bosnisch-Herzegowinischen Landesbahnen

Gleichzeitig mit den III4a wurde auch eine E-Maschine mit einachsigen Stütztender und mit Klose-Triebwerk eingeführt, die als Reihe V6c aber ein Einzelgänger blieb. In der prinzipiellen Ausführung glich sie ihren Schwestern sehr, wies aber mit 390 mm Zylinderdurchmesser, 1,4 MPa (14 kp/cm²) Dampfdruck, 1,7 m² Rost- und 112,7 m² Heizfläche, 50 t Dienst- und 42 t Reibungsmasse sowie mit 6 m³ Wasser- und 4 t Kohlevorrat erheblich größere Abmessungen auf.

Die Reihe III5a der Bosnisch-Herzegowinischen Landesbahnen

Ab 1894 folgten der III4a im Gesamtaufbau und in den Abmessungen ganz ähnliche Klose-Lokomotiven, aber mit Zweizylinder-Verbundtriebwerk, Allan-Steuerung und zweiachsigen Stütztender; letzterer ermöglichte beträchtlich größere Wasser- und Kohlebehälter, die beide auf ihm Platz fanden.

Bis 1901 gingen 45 Stück an die Bosnisch-Herzegowinischen Landesbahnen, und ab 1911 verließen nochmals elf gleichartige, aber verstärkte III5a das Werk.

Die Reihe II4a der Bosnisch-Herzegowinischen Landesbahnen

Ebenfalls 1894 entstanden bei Krauss acht 1'B1'-Zweizylinder-Verbundlokomotiven der Bauart Klose mit normalem zweiachsigen Tender, ebenfalls mit Außenrahmen und mit vor der Laufachse überhängenden Innenzylindern. Flachschieber übernahmen über eine Allan-Steuerung die Dampfverteilung. Die Einstellung der beiden Kuppelachsen erfolgte vom Tender aus; der Stehkessel hing hinter der Kuppelachse breit zwischen den Rahmenwangen durch.

Hier die technischen Daten der Reihe II4a: Zylinderdurchmesser 290/430 mm, Hub 450 mm, Kuppelraddurchmesser 1100 mm,

Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 1,2 m², Heizfläche 62 m², Dienstmasse 21,3 t, Reibungsmasse 12,3 t, Wasservorrat 5 m³, Kohlevorrat 3 t.

Mit der Reihe II4a waren die Lieferungen von Klose-Lokomotiven abgeschlossen; insgesamt beschafften die Bosnisch-Herzegowinischen Landesbahnen 99 Stück, eine einmalig hohe Zahl. Jugoslawien sonderte die letzten erst 1957 aus; ein Beweis dafür, daß sie sich auch im harten Betrieb gut bewährten.

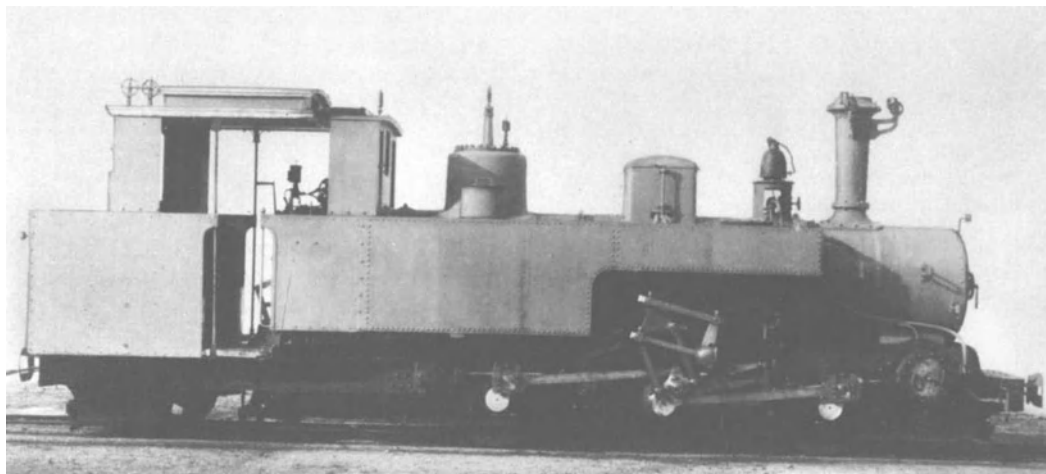
Die Reihe IIIK der sächsischen Staatsbahn

Für Sachsen schienen die bosnisch-herzegowinischen III4a ebenfalls eine Lösung der Traktionsprobleme auf den 750-mm-spurigen Strecken zu bieten, so daß die Staatsbahn 1889 bei Krauss in München zwei Stück bestellte, der 1891 vier weitere von Hartmann folgten. Im grundsätzlichen Aufbau wichen sie von den Bosna-Maschinen nicht ab, auch in den Abmessungen gab es kaum Unterschiede. Sachsen stellte sie als Reihe IIIK unter den Betriebsnummern 35 und 36 sowie 43 bis 46 ein; der Einsatz erfolgte unter anderem auf der Verbindung Radebeul–Radeburg und auf der Strecke Wilkau–Haßlau–Carlsfeld. Die Deutsche Reichsbahn übernahm noch alle sechs Exemplare als 99 7541 bis 99 7546, musterte sie aber bis 1926 aus.

Die Reihe G der württembergischen Staatsbahn

Die württembergische Staatsbahn gehörte zu den deutschen Bahnverwaltungen mit besonders schwierigem Streckenprofil. Als Ende der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts die bisher benutzten Dreikuppler insbesondere auf der Geislinger Steige den wachsenden Anforderungen nicht mehr genügten, machten sich Fünfkuppler mit etwa 70 t Reibungsmasse erforderlich. Das Problem der Kurvenläufigkeit solch großer normalspuriger Steifrahmenlokomotiven sollte das Klose-Triebwerk lösen, das mit den von Esslingen gebauten „Elefanten“ der Reihe G seinen Höhepunkt erlebte. Mit der Reihe G entstand zugleich der erste deutsche Fünfkuppler überhaupt.

Neben dem Klose-Triebwerk überraschten



die Lokomotiven auch durch das Dreizylinder-Verbundtriebwerk, das sich bei Bedarf auf Drillingswirkung umstellen ließ. Alle drei Zylinder hatten mit 480 mm Durchmesser und 612 mm Hub die gleichen Abmessungen, der Kuppelraddurchmesser betrug 1230 mm, und der Achsstand belief sich auf 6 m. Die drei Mittelachsen lagen eng zusammengedrückt in Maschinenmitte, die Rückstellung der Endachsen besorgte der Tender. Erwähnenswert ist auch die Umsteuerung der Trick-Steuerung über einen Hilfsdampfzylinder. Weiter fällt der Belpaire-Kessel für 1,2 MPa (12 kp/cm²) Dampfdruck auf, der mit 2,18 m² Rost- und 197,6 m² Heizfläche wohl die der meisten anderen europäischen Güterzuglokomotiven jener Jahre übertraf. Bei einer Länge von 17,024 m über Puffer kam die Reihe G auf 68,5 t Dienstmasse, gut für eine Zugkraft von 155 kN (15,5 t). Der Tender bot bei 27,7 t Dienstmasse Platz für 10 m³ Wasser und 6 t Kohle; als Höchstgeschwindigkeit gelten 45 km/h.

Esslingen lieferte 1892 fünf Einheiten aus, die den Erwartungen gut entsprachen. Sie zogen auf 1%igen Steigungen 680 t mit 18 km/h; ihr Lauf fiel sehr ruhig aus. Klose bewies mit der Reihe G erstmalig, daß fünf Kuppelachsen möglich und im Einsatz auch brauchbar waren. Bis 1921 standen die württembergischen „Elefanten“ in Dienst, bevor sie den inzwischen erfolgreicherer Steifrahmenlokomotiven weichen mußten; ihre Verschrottung erfolgte 1924.

Die Reihen F1c und F1 der württembergischen Staatsbahn

Die in Württemberg im Einsatz befindlichen Dreikuppler der Reihe Fc waren wegen des kleinen Achsstandes, des geringen Kuppelraddurchmessers und der überhängenden Massen ziemlich schwerfällige Langsamläufer. Deshalb lieferte Esslingen ab 1893 schnellere Dreikuppler als Reihe F1c mit Zweizylinder-Verbundtriebwerk und langem Achsstand, der sich durch das Klose-Triebwerk realisieren ließ; das Einstellen der Endachsen übernahm der Tender.

Die Klose-Lokomotiven erlebten als F1c im Baujahr 1893 eine Auflage von sechs Stück, als F1 mit Innenzylinder-Zwillingstriebwerk in den Baujahren 1894 bis 1896 jedoch eine Stückzahl von 28.

Beide Reihen unterschieden sich in ihren Daten nur unwesentlich voneinander, für die F1 lauteten sie: Zylinderdurchmesser 450 mm, Hub 612 mm, Kuppelraddurchmesser 1380 mm, Achsstand 5 m, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 1,39 m², Heizfläche 116,9 m², Dienstmasse 41,6 t.

Die Reihen T3L, Tss3, Tss4 und Ts4 der württembergischen Staatsbahn

Das Klose-Triebwerk fand in Württemberg auch bei Nebenbahn- und Schmalspurlokomotiven weite Verbreitung: bei der T3L (Normalspur, Baujahre 1894 und 1896), bei vier Lokomotiven der Tss3 (750-mm-Spur, Baujahr 1896/97), bei drei Lokomotiven der Tss4

(750-mm-Spur, Baujahr 1894) und bei drei Lokomotiven der Ts4 (1000-mm-Spur, Baujahre 1891/92 und 1899). Für alle vier Reihen zeichnete Esslingen verantwortlich. Die T3L und die Tss3 waren Dreikuppler, die anderen Vierkuppler. Außerdem hatten die T3L und die Tss3 Außentriebwerk, letztere unter Inkaufnahme Brownscher Schwinghebel. Sonst boten die Muster, abgesehen vom Laufwerk, keine Besonderheiten; eine ausführliche Besprechung kann daher wohl entfallen. Hingewiesen sei aber darauf, daß insbesondere die Ts4 mit rund 35 Dienstjahren wieder einmal die Brauchbarkeit des Klose-Systems bei entsprechender Behandlung demonstrierte.

Abschließend sei noch auf die Klose-Zahnradlokomotiven der Appenzeller Straßenbahn verwiesen, über die im Kapitel über die Zahnradlokomotiven mehr zu finden ist.

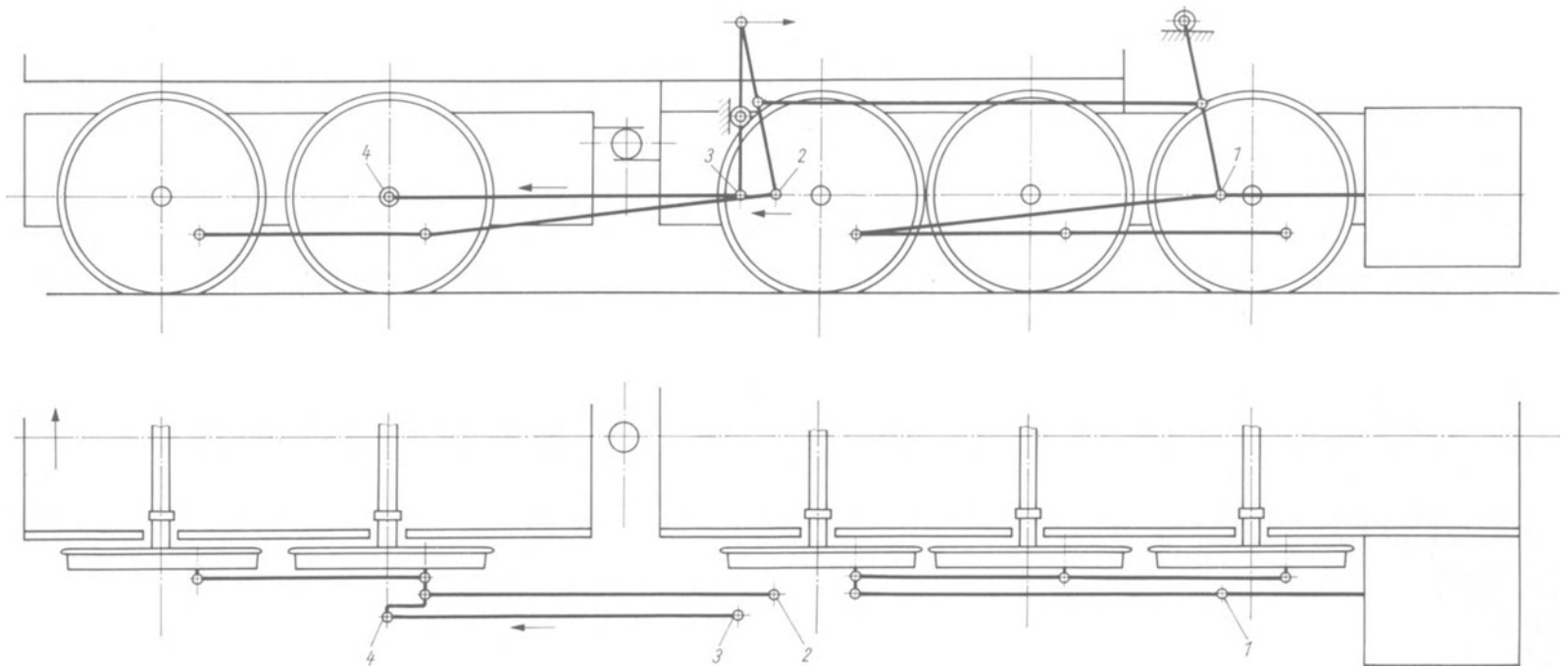
1.3.4. Hagans-Lokomotiven

Am 11. 1. 1891 erhielt *Christian Hagans*, der Besitzer der Erfurter Lokomotivfabrik, ein Patent für eine „Lokomotive mit drehbarem Treibachsengestell“. Er selbst bezeichnete sie als „Drehschemel-Lokomotive“, gebräuchlich war auch der Begriff „Schwinghebel-Lokomotive“.

Das Prinzip der Hagans-Lokomotive läßt sich wie folgt beschreiben: Von vier oder fünf Kuppelachsen lagerten die vorderen zwei oder drei fest im Rahmen, während sich die beiden hinteren in einem Bisselgestell befanden, dessen Drehpunkt zwischen beiden Kuppelradgruppen lag. Die wie üblich vor der ersten Kuppelachse angeordneten Zylinder übertrugen die Kolbenbewegung zunächst auf je zwei senkrechte, mit einer Verbindungsstange gekoppelte Schwinghebel an jeder Triebwerksseite. Vom unteren Drehpunkt der Schwinghebel gingen die Treibstangen aus, und zwar übertrug die am vorderen Schwinghebel die Bewegung auf die festen, die am hinteren die Bewegung auf die Bisselgestellachsen. Das obere Auge des vorderen Schwinghebels war fest gelagert, während das des hinteren Schwinghebels in einem weiteren Hebel ruhte, welcher sich in der Mitte im Hauptrahmen abstützte und sich am unteren Arm durch eine nach

Prinzipdarstellung
des Hagans-Triebwerkes der Reihe T15
der preußischen Staatsbahn
Die Pfeile geben die Bewegungsrichtung
des Gestänges in einer Linkskurve
wieder. Die Ziffern dienen der Zuordnung
gleicher Punkte.

Reihe J der Tasmanian Government Rw.



dem Drehgestell führende Stange in seiner Lage einstellen ließ.

Je nach der Schwenkung des Bisselgestells vergrößerte oder verkleinerte sich die Entfernung der hinteren festen Achse von der vorderen Bisselachse, und dementsprechend bewegte sich das obere Lager des hinteren Schwinghebels vorwärts oder rückwärts. Durch entsprechende Wahl der Abmessungen der Hebelverbindung und Anwendung von seitliche Bewegungen zulassenden Stangenlagern ließ sich erreichen, daß die Bewegungsübertragung ohne Zwang stattfand.

Dieses System brachte gegenüber den Gelenklokomotiven den Vorteil geringerer Masse mit sich und verhinderte das Durchdrehen getrennter Triebwerksgruppen; zudem bedurfte es keiner gelenkigen Dampfzuleitungen. Allerdings stellte der komplizierte Aufbau hohe Ansprüche an die Unterhaltung.

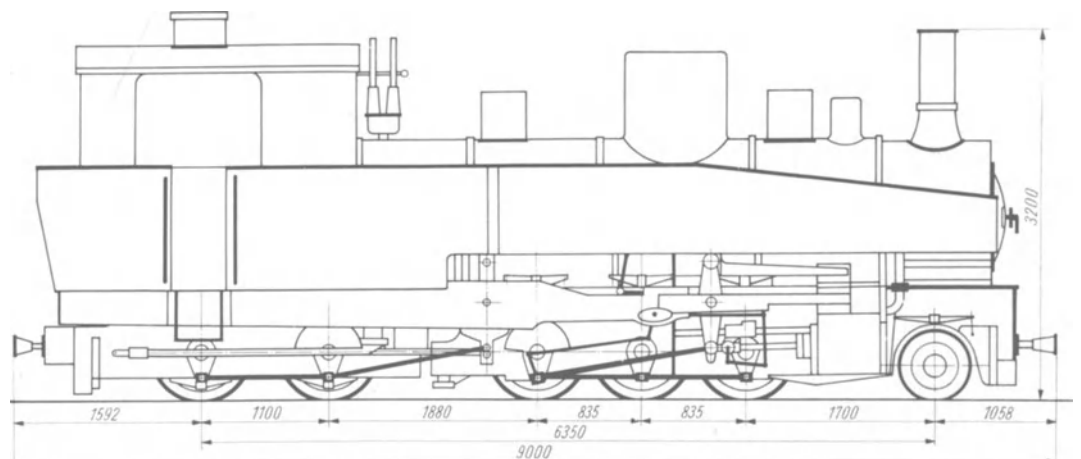
Die „Glück auf“ der Gelnhausen-Bieberer-Eisenbahn

Im Erfurter Werk entstanden insgesamt elf derartige Lokomotiven, als erste unter der Fabrik-Nummer 257 im Jahre 1892 die BB'-

Tendermaschine „Glück auf“ der 900-mm-spurigen Gelnhausen-Bieberer-Eisenbahn, 1893 folgte als 272 eine gleichartige Einheit.

Als erste ihrer Art verdienen sie die Aufzählung der technischen Daten: Zylinderdurchmesser 330 mm, Hub 360 mm, Kuppelrad-durchmesser 750 mm, Achsstand 3 m, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 0,85 m², Heizfläche 52 m², Dienstmasse 28 t, Wasservorrat 3,5 m³, Kohlevorrat 0,7 t.

Des weiteren ging eine BB'-Lokomotive an die Metzer Forstverwaltung, zwei BB' an die Oberschlesische Eisenbahn Bedarfs AG, vier CB' an die oberschlesische Zweigbahn, eine BB' an den Bergwerksverein Osnabrück und eine 1'CB' an die Tasmanian Government Rw.; bei allen handelte es sich um Schmalspur-Tenderlokomotiven.



Die Reihe J der Tasmanian Government Rw.

Besonders bemerkenswert ist das 1901 an die Tasmanian Government Rw. gelieferte Exemplar für die North-East-Dundas-Linie, erstens, weil es sich um die größte im Erfurter Werk hergestellte Hagans-Maschine handelte, zweitens, weil sie als erste von Deutschland nach Australien gelieferte Lokomotive gilt, drittens, weil sie der damals schwerste und leistungsfähigste Typ für 610-mm-Spur war.

Der Besteller forderte in Krümmungen von 30 m Radius und auf 4%igen Steigungen das Fahren von 95-t-Zügen, bei der Talfahrt die doppelte Masse; zudem sollte die größte Achsfahrmasse 4 t nicht überschreiten.

Ihre technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser 394 mm, Hub 394 mm, Kuppelraddurchmesser 838 mm, Achsstand 6,35 m, Kesseldruck 1,3 MPa (13 kp/cm²), Rostfläche 1,5 m², Heizfläche 80 m², Länge über Kuppelung 8,84 m, Dienstmasse 42,7 t, Reibungsmasse 38 t, Zugkraft 67,6 kN (6,76 t), Wasservorrat 3 m³, Kohlevorrat 1 t.

In Tasmanien lief der Einzelgänger als Reihe J; erste Betriebsergebnisse zeigten zwar die Erfüllung aller Forderungen, doch läßt die Tatsache, daß keine Nachbestellung erfolgte und die Bahn bald darauf Garratt-Lokomotiven beschaffte, nicht auf endgültige Bewährung schließen.

Die Reihe T36 der preußischen Staatsbahn

Die 1897 und 1900 an die oberschlesische Zweigbahn verkauften Exemplare übernahm später die preußische Staatsbahn als T36 mit den Betriebsnummern 101 bis 104 bei der Direktion Kattowitz. Eine dieser Lokomotiven gelangte zu den Rügensch Kleinbahnen und wurde von der Deutschen Reichsbahn als 99 4621 eingeordnet; zuletzt fuhr sie als C2'.

Die Reihe T15 der preußischen Staatsbahn

In den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts stand die Direktion Erfurt vor dem Problem, auf ihren Normalspurstrecken 200 t mit

15 km/h und 110 t mit 30 km/h über Steigungen zu befördern, was nur mit einem Fünfkuppler möglich schien. 1896 lieferte Henschel nach Entwürfen der Eisenbahndirektion die erste derartige Maschine als Bauart Hagans aus, damals der erste Fünfkuppler und die stärkste und leistungsfähigste Lokomotive der preußischen Staatsbahn. Insgesamt übernahm Preußen bis 1905 92 Tenderlokomotiven der Reihe T15.

Ihre technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser 520 mm, Hub 630 mm, Kuppelraddurchmesser 1200 mm, Achsstand 6,86 m, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 2,34 m², Heizfläche 137,5 m², Länge über Puffer 11,9 m, Dienstmasse 71,5 t, Zugkraft 122,7 kN (12,27 t), Wasservorrat 6 m³, Kohlevorrat 2 t, Höchstgeschwindigkeit 40 km/h.

Im Einsatz zeigten sie sich als leistungsfähig und gut bogenläufig; ihr starkes Zucken fiel kaum ins Gewicht. Eine T15 erzeugte die gleiche Zugkraft wie zwei der preußischen C- oder 1'C-Regellokomotiven. Mit den neu auftauchenden Gölsdorf-Fünfkupplern konnten sie wegen der hohen Wartungskosten aber auf Dauer nicht mithalten; Preußen musterte deshalb die letzten Exemplare 1925 aus, auf Bahnen des Auslandes liefen einige aber noch bis in die 40er Jahre hinein. Nach Ende des ersten Weltkrieges mußten fünf T15 an die französische Nordbahn und sechs an Belgien abgegeben werden; von den in Preußen ausgemusterten T15 gingen drei nach Ungarn.

Die Reihe T13 der preußischen Staatsbahn

1899 erschien ein neuer Hagans-Typ bei der preußischen Staatsbahn, die vierachsige T13-Tenderlokomotive. Gedacht für bogenreiche Strecken in Thüringen und an der Mosel, entstanden insgesamt 29 Stück, die um 1929 aus dem Dienst schieden. Der T13 entsprachen die beiden Einheiten, welche die badische Staatsbahn 1900 als Reihe VIIId ebenfalls von Henschel bezog, weitgehend.

Die B'C-Lokomotive der Lentzschen Kleinbahnen

Boten diese beiden Reihen gegenüber der T15 keine Besonderheiten, so fielen die vom Stettiner Vulcan 1901 gelieferten B'C-Ten-

derlokomotiven für die Lentzschen Kleinbahnen dadurch besonders auf, daß sich das bewegliche Gestell nach dem Vorschlag von *Leitzmann* vorn befand, womit man eine einfachere Gestaltung des Hinterrahmens und eine bessere Unterbringung des Aschkastens erreichte. Die Mittellage der Zylinder wirkte sich zudem günstig auf die Laufruhe aus. Eine dieser Lokomotiven ging an die Halle–Hettstedter Bahn, die andere an die Braunschweig–Schöninger Bahn, von der sie 1925 ebenfalls an die erstere überging. Ihre technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser 500 mm, Hub 550 mm, Kuppelraddurchmesser 1100 mm, Achsstand 5,7 m, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 2,6 m², Heizfläche 120,3 m², Dienstmasse 66 t, Wasservorrat 8 m³, Kohlevorrat 2 t.

Die Reihe IVa4 der Bosnisch-Herzegowinischen Landesbahnen

Nach den Entwürfen von v. *Helmholtz* lieferte die Lokomotivfabrik Krauss aus Linz 1900 zwei B'B'-n2v-Tenderlokomotiven, die eine Ableitung der Hagans-Bauart darstellten, an die 760-mm-spurigen Bosnisch-Herzegowinischen Landesbahnen. Die beiden in Verbundwirkung arbeitenden Zylinder von 310/470 mm Durchmesser bei 400 mm Hub lagen dabei fest auf dem Brückenrahmen, der auch den Kessel, das Führerhaus und die seitlichen Vorratsbehälter trug. Die Kraftübertragung erfolgte über zweiarmige Hebel, die jeweils hinter dem zugehörigen, mit 800 mm großen Rädern ausgestatteten Drehgestell lagen und mit der vorderen Drehgestellachse gekuppelt waren. Am unteren Hebelende befindliche Dreieckshebel dienten dazu, die Stangen in Kurven gemäß dem Drehgestellausschlag zu verkürzen bzw. zu verlängern; die Steuerung der Dreieckshebel übernahm ein spezielles Hebelsystem. Der Regelkessel für 1,3 MPa (13 kp/cm²) Dampfdruck hatte mit 0,8 m² Rost- und 52 m² Heizfläche zwar kleine, aber angemessene Abmessungen. Mit einer Dienstmasse von 26,5 t ließ sich eine Zugkraft von 71,8 kN (7,81 t) realisieren; erwähnenswert ist noch der Wasservorrat von 2,8 m³ und der Kohlevorrat von 1,3 t.

Trotz gediegener Ausführung ergaben sich im Betrieb mit den IVa4 starke Schwierigkei-

ten, die zur baldigen Ausmusterung führten. In Kurven stellten sich nämlich beim vorderen und hinteren Drehgestell ungleiche Winkelausschläge ein, so daß in den Gestängen sehr starke Kräfte auftraten, die für beide Gestelle gleiche Ausschläge zu erzwingen suchten.

Die Weidknecht-Lokomotiven

Nach manchen Quellen soll 1895 die Lokomotivfabrik Weidknecht aus Paris die Hagans-Lizenzen übernommen haben, nach anderen entwickelte sie eine eigene Bauart. Die wenigen bekannten Angaben reichen nicht aus, um hier eine Entscheidung zu treffen, es soll also bei diesem kurzen Hinweis bleiben.

1.3.5.

Köchy-Lokomotiven

Die von Professor Köchy entwickelte Bauform lehnte sich eng an den Hagans-Typ an. Mit diesem hatte sie die vordere starre und die hintere bewegliche Triebwerksgruppe gemein; die Länge der die beiden Gruppen verbindenden Kuppelstangen ließ sich mit einer über der letzten Kuppelachse der vorderen Triebwerksgruppe angeordneten Blindwelle und mittels Schwinghebel verändern; ihre Lage beeinflusste die hintere Triebwerksgruppe. Hinsichtlich der Vor- und Nachteile gilt das für die Hagans-Lokomotiven Gesagte.

Die Reihe T15 der preußischen Staatsbahn

Preußen bestellte 1902 bei Henschel eine derartige Köchy-Lokomotive mit der Achsfolge CB' in Anlehnung an die Hagans T15. In den Abmessungen und Leistungen wich sie von dieser nur geringfügig ab. Eingesetzt bei der Eisenbahndirektion Köln unter der Betriebsnummer 8001 im Bw Stolberg Hbf., blieb sie wegen der aufwendigen Wartung an dem empfindlichen Triebwerk nur bis zum Jahre 1922 in Dienst.

1.3.6.

Hohlachs-Lokomotiven

Lokomotiven mit Hohlachsen stellten ebenfalls eine Möglichkeit zur Erzielung guter Kurvenläufigkeit dar. Als wichtigste Bauform

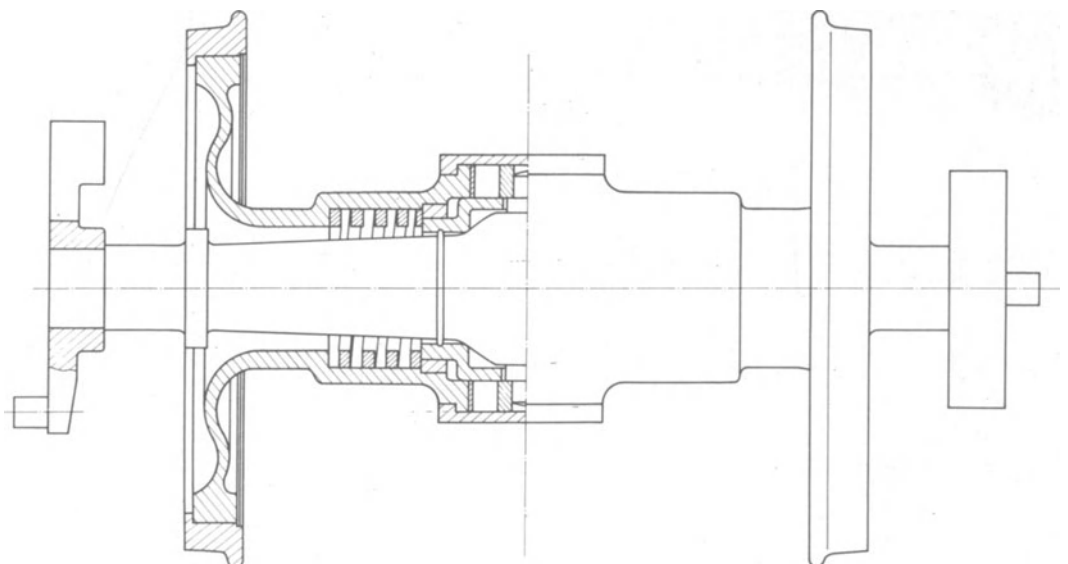
galt dabei die Klien-Lindner-Hohlachse, geschaffen vom Maschinendirektor und späteren Chef des Lokomotivwesens der sächsischen Staatsbahn, *Ewald Richard Klien*, und dessen Nachfolger, *Robert Lindner*. Die Klien-Lindner-Hohlachse bestand aus einer Kern- und einer diese umfassenden, auch die Räder tragenden Hohlachse. Dabei lagerte die Kernachse in üblicher Weise in einem Außenrahmen und erhielt über Hallische Kurbeln die Drehbewegung von den Kuppelstangen übermittelt. Ein durch die kugelförmige Verstärkung der Kernachse hindurchragender Querspindel übertrug das Drehmoment über eine zweiteilige Mitnehmerschale auf die Hohlachse. In der Mitnehmerschale konnte sich der Zapfen drehen und seitlich verschieben; dabei blieben Kern- und Hohlachse drehfest miteinander verbunden.

Der von der Klien-Lindner-Hohlachse aufgenommene Masseanteil belastete über die Tragfedern die Lager der Kernachse und wurde über die mittlere Kugel auf die Hohlachse und von dort auf die Räder übertragen; die effektive Abstützung erfolgte also in Achsmittle. Dies stellte zugleich einen entscheidenden Nachteil dieser Bauart dar, konnten doch bei Wankbewegungen Gegenkräfte nur von den starren Kuppelachsen ausgelöst werden, so daß sich die Klien-

Lindner-Hohlachse für höhere Geschwindigkeiten schlecht eignete.

Die radiale und seitliche Einstellung im Gleis geschah entweder durch das freie Spiel der Kräfte oder durch eine Deichsel; diese mußte die Hohlachse mit ihrem erheblichen Durchmesser durch entsprechend große Lager umfassen. Vielfach koppelte man die erste und letzte Achse so, daß sie sich über ihre Deichseln gegenseitig einstellten, verbreitet war auch die Anlenkung vom Tender her. Vorzüglichen Bogenlauf und schlingerfreien Gang ergab die Vereinigung einer Hohlachse mit einer seitenverschiebbaren in der Art des Krauss-Helmholtz-Gestells: eine Anordnung, die auch die Spurkränze sehr schonte. Rückstellfedern entweder in der Achse selbst oder an den Deichseln sorgten für ruhigen Lauf. Der systemtypische Aufbau der Klien-Lindner-Hohlachse bedingte Außenrahmen; bei Innenrahmenlokomotiven mußte der Rahmen im Hohlachsbereich in einen Außenrahmen umgewandelt werden.

Eine Untergruppe der Klien-Lindner-Hohlachse stellte die Bauart Orenstein & Koppel dar, bei der ein besonderes Lager die senkrechte Beweglichkeit zwischen Hohl- und Kernachse aufhob und so die Achse auch auf Wanken belastbar machte.



Die von *Christian Hagans* entwickelte Hagans-Hohlachse war eine Verbesserung der Klien-Lindner-Hohlachse. Hagans lagerte die Hohlachse generell in einem auch die Zug- und Stoßvorrichtung tragenden Bisselgestell, von dem Pendel die auf die Achse entfallende Lokomotivmasse auf eine am Hauptrahmen befestigte Querfeder übertrugen. Zwei weitere, im Außenrahmen seitenverschiebbare Lager umfaßten in üblicher Weise die Kernachse. Damit diese Lager in gleicher Höhe mit denen der Hohlachse verblieben, waren sie ebenfalls durch Pendel mit dem Bisselgestell verbunden. Der Antrieb erfolgte – wie gewohnt – über Hallsche Kurbeln.

Außerdem teilte Hagans die Kernachse und verband beide Hälften durch ein Kardangeln. Für die im Bogen erfolgende Winkereinstellung der beiden Kernachshälften hatten die Außenlager kugelige Lagerschalen, die ein Schwenken zuließen. Um die auftretende Winkelstellung der Kuppelzapfen zu kompensieren, entwickelte Hagans eine Spezialausführung für die hinteren Kuppelstangenlager. Sie konnten sich entsprechend der Zapfenlage einstellen und auch die Seitenverschiebung der Hallschen Kurbeln zur Kernachse ausgleichen. Der besondere Vorteil der Hagans-Hohlachse lag in der Möglichkeit, auch Wankbewegungen kompensieren zu können.

Die Klien-Lindner-Lokomotiven der Samarang-Joana-Bahn auf Sumatra

Bis zum ersten Weltkrieg entstanden mehrere hundert Schmalspurlokomotiven mit

Klien-Lindner-Hohlachsen, fast ausschließlich in Deutschland gefertigt und zum großen Teil für den Export. Unter ihnen waren die D-Tenderlokomotiven der Kapspurbahn Samarang-Joana auf Sumatra eher untypisch. Von Hartmann aus Chemnitz gebaut, hatten sie 6,9 m Achsstand und maßen 10,85 m zwischen den Mittelpuffern. Trotz der beachtlichen Länge gestatteten die beiden miteinander gekoppelten Klien-Lindner-Hohlachsen an den Fahrzeugenden das Befahren von 100-m-Bögen. Auch der für Holzfeuerung eingerichtete Kessel fiel extrem schlank aus.

Hartmann gab die technischen Daten so an: Zylinderdurchmesser 380 mm, Hub 400 mm, Kuppelraddurchmesser 850 mm, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 1,2 m², Heizfläche 42,7 m², Überhitzerfläche 13,3 m², Dienstmasse 30 t, Wasservorrat 3,2 m³, Holzvorrat 2,5 m³.

Zwischen 1912 und 1915 entstanden insgesamt 23 Maschinen; im Einsatz schleppten sie auf 2%igen Steigungen in Kurven bis zu 150 m Radius 90-t-Züge mit Geschwindigkeiten bis zu 20 km/h, in der Ebene mit 25 km/h.

Die Reihe VK der sächsischen Staatsbahn

Als erste deutsche Staatsbahn beschaffte die sächsische Klien-Lindner-Lokomotiven für ihr Schmalspurnetz. Hartmann aus Chemnitz fertigte zwischen 1901 und 1908 insgesamt neun Exemplare als Reihe VK mit der Achsfolge D speziell für die 750-mm-spurige Strecke Heidenau–Geising–Altenberg. Dabei ging es der Staatsbahnverwal-

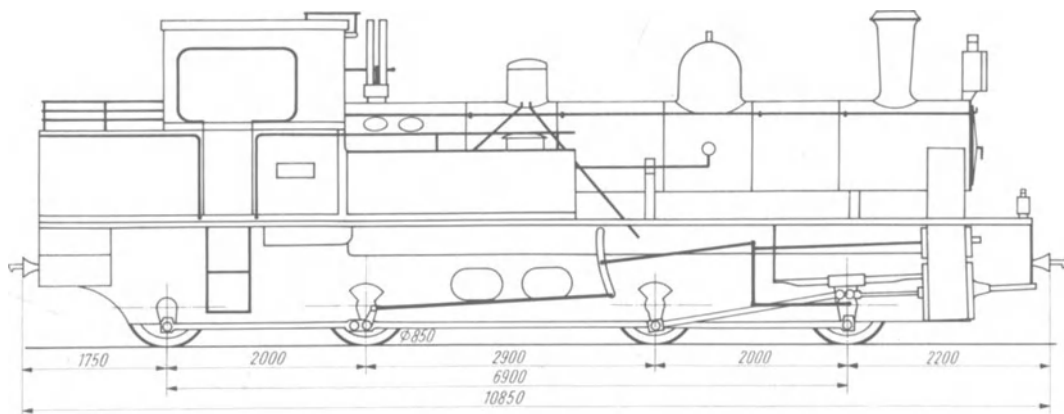
tung darum, gegenüber den Meyer-Maschinen der Reihe IVK bessere Anfahrigenschaften zu erzielen und die in mancher Hinsicht nicht befriedigende Gelenkbauart durch eine Steifrahmenbauart zu ersetzen. Ein Zweizylinder-Verbundtriebwerk sollte zudem für gute Wirtschaftlichkeit sorgen. Alle sonstigen Details, wie auch die Abmessungen und Massen entsprachen damals üblichen Schmalspurlokomotiven.

Als erster Typ seiner Art in Deutschland verdient die VK aber dennoch die Nennung der technischen Daten: Zylinderdurchmesser 340/530 mm, Hub 430 mm, Kuppelraddurchmesser 855 mm, Achsstand 3,9 m, Kesseldruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 0,97 m², Heizfläche 49,96 m², Länge über Kupplung 8,95 m, Dienstmasse 27,7 t, Zugkraft 44,5 kN (4,45 t), Wasservorrat 2,4 m³, Kohlevorrat 0,96 t, Höchstgeschwindigkeit 30 km/h.

Die Deutsche Reichsbahn übernahm die Reihe VK als 99 611 bis 99 619 und musterte sie zwischen 1934 und 1942 wegen zu hoher Unterhaltskosten und nicht ganz entsprechender Leistungsfähigkeit aus; die letzten VK wurden jedoch erst 1955 zerlegt.

Die Reihe T37 der preußischen Staatsbahn

Die in Oberschlesien gelegenen Schmalspurbahnen mit 785 mm Spurweite, kleinsten Gleisradien von 35 m und 4 % Höchststeigung kamen anfangs mit Dreikupplern gut aus, genügten aber um die Jahrhundertwende den Anforderungen nicht mehr. So entstanden mit den Vierkupplern der Reihe T37 die wohl bekanntesten deutschen Klien-Lindner-Lokomotiven. Besonders aufwendig war das Fahrwerk gestaltet. Zwei Klien-Lindner-Endachsen wirkten über Deichseln, deren Drehzapfen zwischen der ersten und zweiten und der dritten und vierten Achse lagen, auf die Mittelachsen ein; je zwei Achsen bildeten so ein Krauss-Helmholtz-Gestell. Dabei ließen sich die Mittelachsen aber nicht in den Lagerschalen verschieben, sondern sie bestanden ebenfalls aus einer Kern- und einer Hohlachse, wobei die Hohlachse aber keine radialen Bewegungen vollführte; zur Kraftübertragung genügten darum Flachkeile. Der Gesamtaufbau bedingte einen durchgehenden Außenrahmen und die Verwendung Hallscher Kurbeln.



Die technischen Daten der T37 werden wie folgt angegeben: Zylinderdurchmesser 340 mm, Hub 400 mm, Kuppelraddurchmesser 810 mm, Achsstand 3,4 m, Kesseldruck 1,3 MPa (13 kp/cm²), Rostfläche 1 m², Heizfläche 49,2 m², Länge über Kupplung 6,52 m, Dienstmasse 27,9 t, Wasservorrat 2,5 m³, Kohlevorrat 1,3 t, Höchstgeschwindigkeit 25 km/h.

Hartmann lieferte 1902 die ersten beiden Muster mit den Betriebsnummern 111 und 112; in den Jahren 1904 bis 1907 folgten zehn Orenstein & Koppel-Maschinen mit den Betriebsnummern 113 bis 122. Hagans baute 1909 zwei Stück als 123 und 124; die 125 und 126 kamen 1910 wieder von Orenstein & Koppel, ebenso wie 1912 vier T37 als 127 bis 129. Von diesen insgesamt 20 T37 übernahm die Deutsche Reichsbahn noch acht als 99 401 bis 99 408; ihre Ausmusterung erfolgte 1933.

Die Reihe T38 der preußischen Staatsbahn

Die T37 fand einen Nachfolger in der schwereren, mit Überhitzer ausgerüsteten, ebenfalls für das 785-mm-spurige Netz in Oberschlesien bestimmten T38.

Das Laufwerk wich in einiger Hinsicht von der T37 ab. So waren die beiden Zylinder von 400 mm Durchmesser und 400 mm Hub am Außenrahmen sehr hoch und schrägliegend befestigt; die Treibstangen liefen innerhalb der Kuppelstangen – eine durch das gegebene Profil bedingte Anordnung. Im Gegensatz zur T37 entsprachen die beiden Mittelachsen der Normalausführung; die Endachsen bildete man als Klien-Lindner-Bisselachsen aus. Bei einem Kuppelraddurchmesser von 820 mm und 3,8 m Achsstand ergab sich so die gewünschte Kurvenläufigkeit. Für den Kessel mit 1,3 MPa (13 kp/cm²) Dampfdruck, 1,05 m² Rost- und 36,45 m² Heizfläche kam erstmals für das oberschlesische Schmalspurnetz ein Schmidtscher Kleinrohrüberhitzer mit 16,8 m² Fläche zum Einsatz. Erwähnenswert sind noch die Länge über Puffer von 7,546 m, die Dienstmasse von 32,25 t, der Wasservorrat von 3,5 m³, der Kohlevorrat von 1,5 t und die Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h.

Orenstein & Koppel fertigte zwischen 1914 und 1919 27 Maschinen mit den Betriebsnummern 211 bis 237, von denen 1920 16

Stück an Polen gingen. Die restlichen ordnete die Deutsche Reichsbahn als 99 411 bis 99 421 ein und musterte sie bis 1939 größtenteils aus.

Die Brigadelokomotiven der preußischen Heeresfeldbahn

Zum Abschluß des Abschnittes über Klien-Lindner-Schmalspurlokomotiven müssen noch die sog. Eisenbahn-Brigadelokomotiven, die von der Jahrhundertwende an in den Bestand der preußischen Heeresfeldbahn übergingen, erwähnt werden.

Diese kleinen D-Lokomotiven für 600 mm Spurweite und mit zwei Klien-Lindner-Endachsen verfügten über folgende technische Daten: Zylinderdurchmesser 240 mm, Hub 240 mm, Kuppelraddurchmesser 560 mm, Achsstand 2,26 m, Kesseldruck 1,3 MPa (13 kp/cm²), Rostfläche 0,42 m², Heizfläche 16,4 m², Länge über Puffer 5,98 m, Dienstmasse 12 t, Zugkraft 21 kN (2,1 t), Wasservorrat 1,1 m³, Kohlevorrat 0,7 t, Höchstgeschwindigkeit 15 km/h.

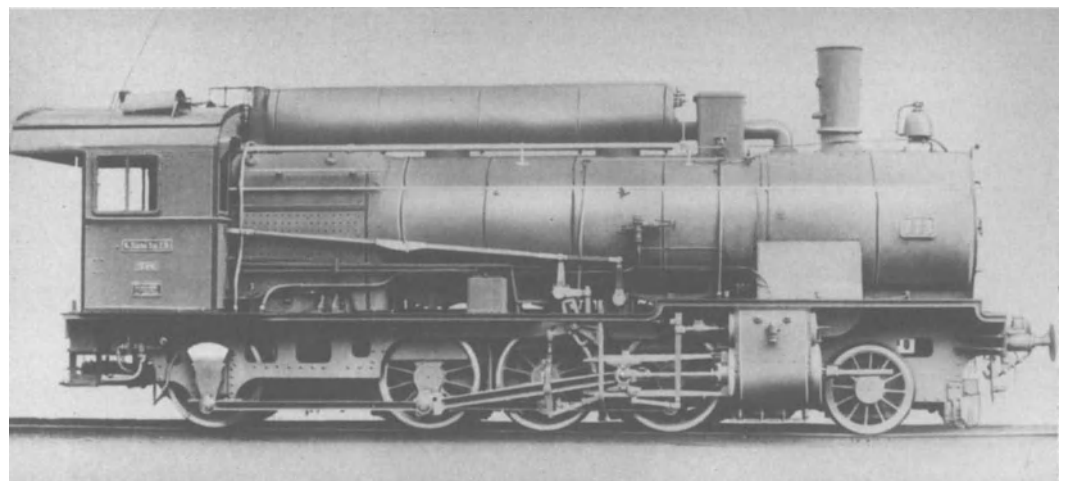
Verschiedene deutsche Hersteller fertigten sie bis 1918 in großer Anzahl und lieferten sie vielfach zusammen mit vierachsigen Wassertendern von 5 m³ Inhalt und 11,2 t Dienstmasse aus; die Tender erreichten also fast die Lokdienstmasse. Von den Brigadelokomotiven überlebten etliche sogar den zweiten Weltkrieg, so die an die Muskauer Waldeisenbahn gegangenen acht Einheiten, die dort mit festgelegten Endachsen liefen,

und verschiedene im Ausland verbliebene Exemplare.

Die Reihe IX der sächsischen Staatsbahn

Im Gegensatz zur Schmalspur blieb die Verbreitung der Klien-Lindner-Hohlachse für Regelspurlokomotiven sehr begrenzt. Die erste derartige Ausführung waren die zwischen 1902 und 1906 von Hartmann gebauten 1'D-Maschinen der Reihe IX der sächsischen Staatsbahn. Bestimmt für sehr krümmungsreiche Strecken, bestand eine Bedingung darin, die Lokomotivmasse auf eine große Länge zu verteilen, um so Oberbau und Brücken zu schonen.

Es entstanden Zweizylinder-Verbundlokomotiven mit Zylindern von 530/770 mm Durchmesser bei 630 mm Hub, die auf die dritte Kuppelachse, ausgestattet mit 1240 mm großen Rädern, wirkten. Trotz eines Achsstandes von 7,76 m ermöglichten die vordere Adamsachse, die Seitenverschiebbarkeit der ersten und dritten Achse und die hintere Klien-Lindner-Hohlachse das zwanglose Durchfahren von 170-m-Bögen; dabei steuerte ab Lok Nummer 753 der Tender den Ausschlag der Klien-Lindner-Hohlachse während des Bogenlaufes. Für die letzte Achse machte sich ein kurzer zusätzlicher Außenrahmen bei der an sich als Innenrahmenmaschine ausgelegten IX notwendig. Der für 1,4 MPa (14 kp/cm²) Druck konstruierte Kessel lagerte mit seinem 3,2 m² großen Rost zwischen der weit auseinander-



gerückten dritten und vierten Kuppelachse, die Heizfläche betrug 155 m². Auffällig waren die große, etwa 5 m lange Dampfsammeltrommel oberhalb des Kessels und die Belpaire-Feuerbüchse. Bei einer Länge über Puffer von 17,516 m lag die Dienstmasse bei 71 t und die Reibungsmasse bei 60 t, der dreiachsige Tender nahm 9 m³ Wasser und 3 t Kohle auf.

Hartmann lieferte 1902 zwei Versuchsmuster als Reihe IXV mit den Betriebsnummern 751 und 752, davon die 751 mit Klien-Zwischenüberhitzer. Weitere neun IXV folgten 1904 als 753 bis 761, ebenfalls mit Zwischenüberhitzer; eine zweite Serie von nochmals neun Stück verließ 1906 als 762 bis 770 das Werk, diese mit einem wesentlich verkleinerten Zwischenüberhitzer, hier wohl richtiger als Dampftrockner bezeichnet. Bei den 1907 bis 1908 gefertigten 30 Lokomotiven mit den Betriebsnummern 771 bis 800 handelte es sich um Heißdampflokomotiven mit Schmidt-schem Rauchröhrenüberhitzer; demgemäß lautete die Reihenbezeichnung IXHV. Neu waren der auf 1,5 MPa (15 kp/cm²) erhöhte Kesseldruck und die Kolbenschieber.

Bis Mitte des ersten Weltkrieges befriedigten die IX recht gut, die Laufeigenschaften gestatteten Höchstgeschwindigkeiten bis zu 60 km/h, während die sächsischen Mallets und E-Lokomotiven schon bei weit geringeren Geschwindigkeiten einen unruhigen Gang zeigten. Die Deutsche Reichsbahn übernahm noch 16 IXV als 56 501 bis 56 516 und 25 IXHV als 56 601 bis 56 625. Noch in den 20er Jahren beförderten sie einen Großteil der sächsischen Güterzüge.

Lokomotiven mit Hagans-Hohlachsen

Hagans baute zwischen 1900 und 1913 insgesamt 19 Lokomotiven mit seiner Hohlachsbauart. Die erste und zugleich einzige in 750-mm-Spur war die „Henneberg“ der Trusebahn; drei 600-mm-spurige Lokomotiven gingen 1901 an die Jarotschiner Kreisbahn, alle übrigen hatten Meterspur. Das größte Kontingent ging als Reihe T37 an die Reichseisenbahnen in Elsaß-Lothringen. Bis auf eine Ausnahme hatten alle Hagans-Hohlachs-Lokomotiven die Achsfolge D.

1.3.7.

Luttermöller-Lokomotiven

Während des ersten Weltkrieges entwickelte der Direktor der deutschen Firma Orenstein & Koppel, *Gustav Luttermöller*, mit der nach ihm benannten Bauart eine weitere radial einstellbare Kuppelachse. Bei dieser verlief die Kraftübertragung auf die erste bzw. letzte Kuppelachse von der jeweils benachbarten, mit Stangen getriebenen Achse aus. Letztere erhielt in der Mitte eine kugelförmige Verdickung mit zwei Mitnehmerzapfen, die als Kardangelenke wirkten. Das die Kugel umschließende Lager hatte einen Zahnkranz und diente als Antriebsrad, in welches ein Zwischenrad eingriff. Das auf der Endachse sitzende Zahnrad enthielt eine radiale Federung, die Druckspitzen abbaute. Das gesamte Getriebe befand sich in einem zum Teil mit Öl gefüllten Gehäuse. Dieses ermöglichte der Luttermöller-Achse durch seine Lagerung in der Art eines Bisselgestells eine radiale Einstellbarkeit beim Befahren von Kurven; eine Rückstellvorrichtung garantierte ruhigen Lauf.

Der große Vorteil der Luttermöller-Achse gegenüber den Hohlachsen lag darin, daß sie die Anwendung von Innenrahmen ermöglichte; günstig war auch die verhältnismäßig geringe Masse.

Die Luttermöller-Lokomotiven der preußischen Heeresfeldbahn

Die erste Anwendung des Luttermöller-Antriebes erfolgte an 1917 gelieferten D-Feldbahnlokomotiven für 600-mm-Spur und 20-m-Bögen. Damit standen die Maschinen in direkter Konkurrenz zu den bisher üblichen D-Klien-Lindner-Lokomotiven. Offenbar bewährte sich das neue Bauelement gut, denn Orenstein & Koppel erhielt bald einen Anschlußauftrag für größere, den steigenden Zugkraftbedürfnissen besser entsprechende E-Feldbahnlokomotiven mit Luttermöller-Endachsen.

Diese wiesen folgende technische Daten auf: Zylinderdurchmesser 270 mm, Hub 300 mm, Kuppelraddurchmesser 600 mm, Achsstand 2,99 m, Kesseldruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Heizfläche 27,5 m², Dienstmasse 15 t, Zugkraft 31 kN (3,1 t).

Das baldige Kriegsende erübrigte eine nen-

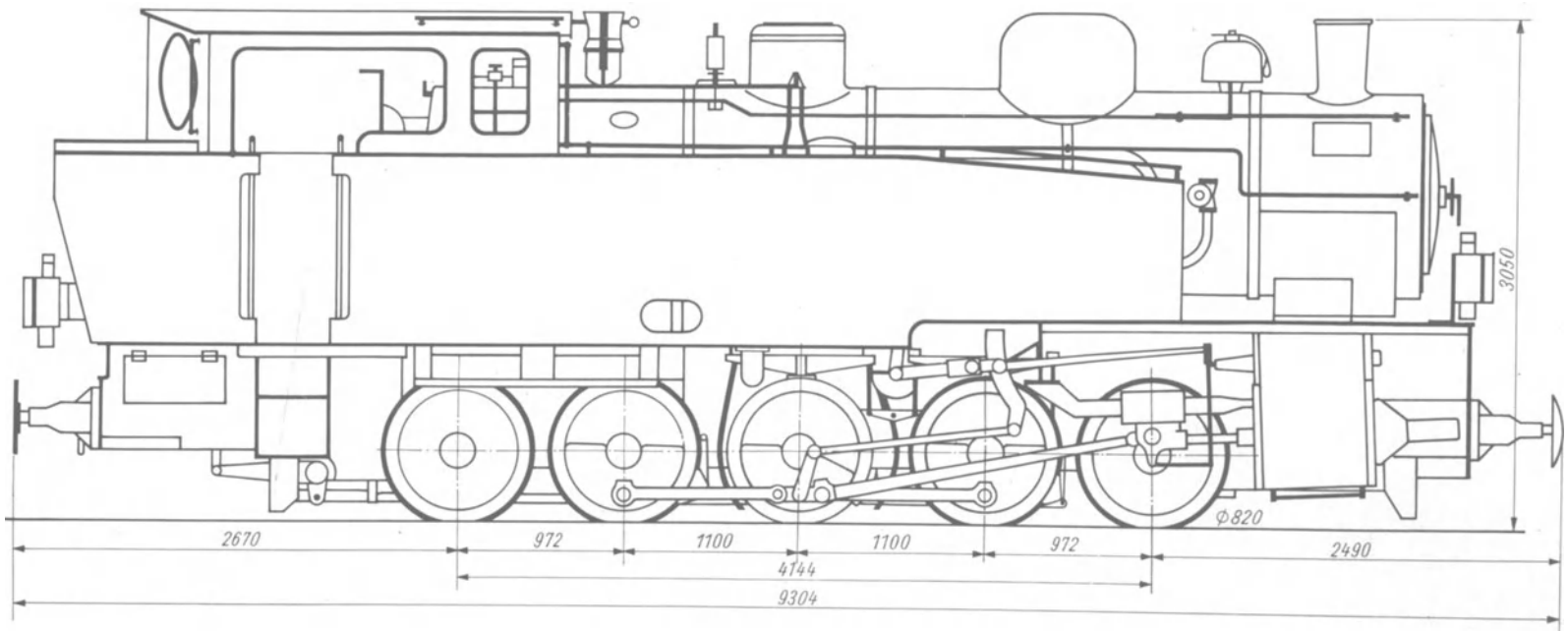
nenswerte Verbreitung, die guten Einsatzergebnisse der gebauten Exemplare regten aber zum Bau von entsprechenden zivilen Schmalspurlokomotiven an.

Die Reihe T39 der preußischen Staatsbahn

Für das in 785-mm-Spur ausgeführte Netz der oberschlesischen Schmalspurbahnen benötigte die preußische Staatsbahn nach dem Ende des ersten Weltkrieges kräftige und gut kurvenläufige Maschinen, die die bisher eingesetzten T37 und T38 ergänzen sollten. Orenstein & Koppel, mit der Lieferung betraut, sah für die E-Tenderlokomotiven die bewährten Luttermöller-Achsen vor.

Die gegebenen Profilbeschränkungen zwangen dazu, die beiden Zylinder von 450 mm Durchmesser und 450 mm Hub hoch und geneigt am Innenrahmen anzuordnen. Bei dem geringen Kuppelraddurchmesser von 820 mm bereitete auch die Unterbringung der an der mittleren Achse befindlichen Treibstangenköpfe Sorgen; die Treibstange griff deshalb an der vorderen Kuppelstange an, die zwischen Treibstange und Rahmen lief. Zur Verbesserung der Kurvenläufigkeit blieb die Treibachse spurkranzlos, der Achsstand maß 4,144 m. Der Kessel für 1,3 MPa (13 kp/cm²) Dampfdruck besaß einen 1,4 m² großen Rost, 49,5 m² Heiz- und 16,8 m² Überhitzerfläche. Bei einer Länge über Puffer von 9,284 m kam die Dienstmasse auf 40 t; die Vorratsbehälter nahmen 4,5 m³ Wasser und 1,75 t Kohle auf; die Höchstgeschwindigkeit legte man mit 25 km/h fest. Auffallend waren die geringe Kessel- und Gesamthöhe von 2 m bzw. 3,05 m, so daß die T39 sehr gedrungen wirkten.

Die erste aus dem Jahre 1919 stammende Serie umfaßte die Betriebsnummern 251 und 252, die aus dem Jahre 1920 die Betriebsnummern 253 bis 257; davon übernahm die Deutsche Reichsbahn fünf Stück als 99 431 bis 99 435, zwei Maschinen gingen an Polen. Die Deutsche Reichsbahn bestellte sechs T39 nach, die einen auf 850 mm erhöhten Kuppelraddurchmesser und eine Dienstmasse von 44 t hatten. Die sich daraus ergebende Achsfahrmasse von 8,8 t machte diese Exemplare zu den stärksten Lokomotiven auf der 785-mm-Spur. 1925/26 geliefert, bekamen sie die Betriebsnummern



99 441 bis 99 446; alle T39 verblieben, soweit sie überlebten, nach dem zweiten Weltkrieg in Polen.

Die Reihe T40 der preußischen Staatsbahn

1923 lieferte Orenstein & Koppel zum zweiten Mal Lokomotiven mit Luttermöller-Achsen an eine Schmalspurbahn. Die preußische Staatsbahn benötigte damals für die meterspurige, von Dorndorf nach Kaltenordheim führende Feldabahn als Ersatz für die T31 bis T35 neue kräftige, gut bogenläufige Lokomotiven. Gegenüber der T39 fielen die T40 kürzer und höher aus, wichen aber sonst in den technischen Daten nicht sehr von jener ab.

Von der Deutschen Reichsbahn erhielten die drei gebauten T40 die Betriebsnummern 99 181 bis 99 183, nach der Umspurung der Feldabahn kamen sie zur Hildburghausen–Heldburg–Lindenauer Bahn; die 99 181 und die 99 182 verblieben dort bis 1946 und gingen dann als Reparation in die UdSSR. 1943 gelangte die 99 183 nach Eisfeld und 1956 zur Spreewaldbahn, die sie bis 1962 einsetzte. Der verschlissene Luttermöller-Antrieb entfiel dort, so daß sich die Achsfolge zu 1'C1' ergab. Von 1962 bis 1968 fuhr sie schließlich auf der Gera–Meuselwitz–Wuitzer Bahn und wurde dann ausgemustert.

Die Reihe 87 der Deutschen Reichsbahn

Für die Gleisanlagen im Hamburger Hafengebiet, insbesondere für den Güterbahnhof Hamburg-Süd und die dort befindlichen Anschlüsse, die viele Gleisbögen von 100 m Halbmesser aufwiesen, bestand das Bedürfnis nach einer leistungsfähigen Verschiebelokomotive, die auch in den engen Kurven die Gleise nur minimal beanspruchen sollte. Das Leistungsprogramm sah in der Ebene die Beförderung von 1510 t mit 45 km/h und von 2250 t mit 35 km/h vor. Auf 1%igen Steigungen mußten 870 t mit 25 km/h und auf 2,5%igen 260 t mit ebenfalls 25 km/h bewältigt werden. Dies erforderte bei der zugelassenen Achsfahrmasse von 17,5 t aber fünf Kuppelachsen.

Auf Grund der guten Bewährung des Luttermöller-Antriebes bei den Reihen T39 und T40 bot sich dessen Einsatz auch bei der neuen Reihe 87 an. Diese erhielt einen festen Achsstand von 3,4 m, einen spurkranzlosen Treibradsatz und um je 45 mm ausschwenkbare Endradsätze. Damit ließen sich die 100-m-Bögen anstandslos durchfahren, aber auch bei der Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h ergaben sich in der Geraden gute Laufeigenschaften, was nicht zuletzt dem Gesamtachsstand von immerhin 6,2 m zuzuschrei-

ben war. Der mit 1100 mm gewählte Kuppelraddurchmesser sicherte ein gutes Beschleunigungsvermögen.

Großes Augenmerk widmete man der Typung. So stammte der Kessel, abgesehen von der Rauchkammer, von der Reihe 86, viele Teile stimmten mit denen der Reihen 24, 64, 80 und 81 überein. Die häufigen Gefälle ließen eine hohe Abbremsung der Reihe 87 wünschenswert erscheinen; deshalb erhielten auch die Luttermöller-Achsen Bremsklötze, obwohl das wegen deren Beweglichkeit mit Schwierigkeiten verbunden war.

Hier noch die bisher nicht genannten technischen Daten: Zylinderdurchmesser 600 mm, Hub 550 mm, Kesseldruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 2,4 m², Heizfläche 117,4 m², Überhitzerfläche 47 m², Länge über Puffer 13,3 m, Dienstmasse 85,6 t, Zugkraft 202 kN (20,2 t), Wasservorrat 9 m³, Kohlevorrat 3 t.

Insgesamt beschaffte die Deutsche Reichsbahn in den Jahren 1927/28 bei Orenstein & Koppel 16 Lokomotiven dieses Typs als 87 001 bis 87 016. Nach anfänglichen Schwierigkeiten bewährten sie sich recht gut, so daß sie fast ständig beim Bw Hamburg-Wilhelmsburg stationiert blieben. Für die anderen Bahnhöfe der Deutschen

Reichsbahn genügten einfache Verschiebelokomotiven. Bedingt durch fehlende Ersatzteile, liefen die 87er ab 1943 teilweise als 1'C1', 1'D oder D1', ein Zustand, der aber nach dem Krieg ein Ende fand. Ab 1951 kamen die neuen 82er nach Hamburg, so daß die Deutsche Bundesbahn bereits am 9. 11. 1953 die 87 003 bis 87 014 und die 87 016 ausmusterte. Am 17. 3. 1954 folgte die 87 001 und am 18. 3. 1956 die 87 002 und die 87 015. Die 87 004 stand noch bis 1961 im AW Mühlheim-Speldorf, ehe auch sie zerlegt wurde.

Die Reihe 84 der Deutschen Reichsbahn

Die größten Luttermöller-Lokomotiven Deutschlands entstanden für die regelspurige Strecke Dresden–Altenberg, die Krümmungen bis herab zu 100 m Radius aufwies. Dort eingesetzte Lokomotiven sollten nicht nur diese Kurven durchfahren können, sondern auch noch eine für Hauptbahnen angemessene Geschwindigkeit erreichen, um Ausflugszüge bis Dresden durchgehend fahren zu können. So entstanden 1934 zwei Varianten der Tenderlokreihe 84 mit der Achsfolge 1'E1', und zwar die 84 001/002 mit Schwartzkopff-Eckhardt-Gestell von Schwartzkopff und die 84 003/004 mit Luttermöller-Endachsen von Orenstein & Koppel. Letztere hatten ein Zwillingss-, die anderen ein Drillingstriebwerk.

Die technischen Daten der 84 003/004 sind wie folgt überliefert: Zylinderdurchmesser 480 mm, Hub 600 mm, Kuppelraddurchmesser 1400 mm, Achsstand 11,7 m, Kesseldruck 2 MPa (20 kp/cm²), Rostfläche 3,76 m², Heizfläche 210,1 m², Überhitzerfläche 85 m², Länge über Puffer 14,55 m, Dienstmasse 125,5 t, Reibungsmasse 91,3 t, Zugkraft 226 kN (22,6 t), Wasservorrat 13,7 m³, Kohlevorrat 3 t, Höchstgeschwindigkeit 80 km/h.

Die Luttermöller-84er erwiesen sich als sparsam im Dampfverbrauch, befriedigten aber ansonsten nicht ganz, da die schweren Massen des Zwillingstriebwerkes den Lauf bei höheren Geschwindigkeiten sehr unruhig gestalteten. In engen Kurven ergaben sich, bedingt durch zu kleine Rückstellkräfte, speziell an den Laufachsen, ungünstige Führungsverhältnisse. Abhilfe wäre wohl möglich gewesen, aber die sofortige Bewährung

der Schwesterlokomotiven gab dazu keinen Anlaß, zumal der mechanische Wirkungsgrad des reinen Stangenantriebes besonders in den Kurven deutlich überlegen war.

1.4. Getriebelokomotiven

Unter Getriebelokomotiven sollen hier alle Typen verstanden werden, bei denen die Dampfmaschine nicht wie bei der Regellokomotive direkt, sondern unter Nutzung eines zwischengeschalteten Übertragungsorgans, in diesem Falle eines Getriebes oder einer Kette, auf die Räder wirkte. Bildete dieses Übertragungsorgan eine Untersetzung, ließ sich trotz gleicher Kesselgröße die Zugkraft bei gleichzeitig geringerer Geschwindigkeit erhöhen. Weiterhin zogen solche Getriebelokomotiven schneller an und hielten genauer als gewöhnliche Maschinen. Der komplizierte Aufbau schlug sich jedoch in erhöhtem Wartungsaufwand nieder.

Die Getriebelokomotive stellt die älteste Bauform der Dampflokomotive dar. Schon *Richard Trevithik* nutzte im Jahre 1803 für die erste Lokomotive der Welt einen Zahnradantrieb zur Kraftübertragung. Auch spätere Muster, wie die „Puffing Billy“ von *W. Hedley* oder die „Mylord“ von *Georg Stephenson*, lehnten sich im Prinzip an Trevithiks Maschine an; alle dürften so bekannt sein, daß sich nähere Ausführungen erübrigen.

Getriebelokomotiven in den USA

Die „Grasshopper“

Nur wenig wissen wir dagegen über die in den USA entwickelten Getriebelokomotiven, von denen ab 1831 eine große Anzahl in verschiedenen Bauformen entstand.

Für den 4. 1. 1831 schrieb die Baltimore & Ohio RR Comp. einen Wettbewerb zur Ermittlung einer brauchbaren Dampflokomotive aus. Mit 15 t Wagenzugmasse sollte eine Geschwindigkeit von 24 km/h erreicht werden; 4000 Dollar lagen für den Ankauf der besten Konstruktion bereit.

Von fünf Bewerbern erfüllte lediglich die „York“, gebaut von Davis & Gartner aus York

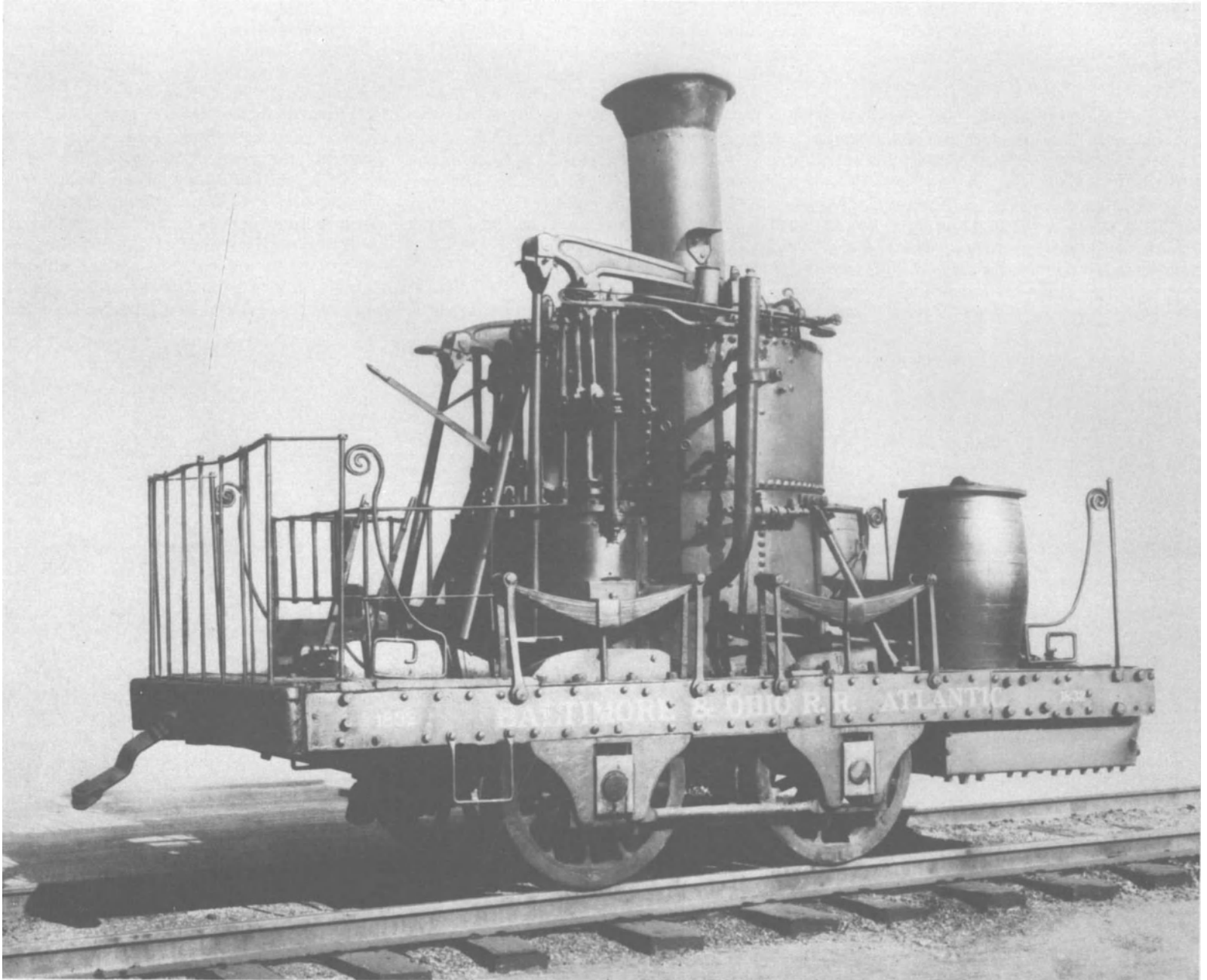
in Pennsylvania, die Ausschreibungsbedingungen. Die 3,5 t schwere Lokomotive mit der Achsfolge B hatte einen stehenden Kessel für 0,8 MPa (8 kp/cm²) Dampfdruck; die Zylinder saßen senkrecht an beiden Seiten des Kessels und arbeiteten direkt auf die Kuppelstangen, die die Achsen verbanden. Da sich so das Federspiel auf die Bewegung der Kolben auswirkte, lief die Lok schlecht; man setzte deshalb die Zylinder an ein Lokende. Über schwere, oberhalb des Kessels angeordnete Balanciers und lange, stelzenartige Treibstangen wirkten sie jetzt auf eine Blindwelle, die über ein Zahnradvorgelege die Treibachse mit den 762 mm großen Rädern antrieb. Wegen der langen Stelzen erhielt sie bald den Spitznamen „Grasshopper“ (Heuschrecke), ein Name, der sich als Gattungsbezeichnung durchsetzte.

Die „York“ kam auf der Strecke zwischen Baltimore und Ellicott's Mills zum Einsatz; die 21 km legte sie mit vier Wagen von 14 t Wagenzugmasse in einer Stunde zurück, ihre Höchstgeschwindigkeit war 48 km/h.

Schon 1832 erfolgte die Ausmusterung; im gleichen Jahr lieferte Davis & Gartner die erste von vornherein in Grasshopper-Bauart ausgeführte Lok aus, die „Atlantic“. Sie hatte zwei Zylinder von 254 mm Durchmesser bei 508 mm Hub, der Treibraddurchmesser war 914 mm, die Dienstmasse 6,5 t, als Brennstoff diente Anthrazit, Achsfolge 1A. Von 1832 bis zu ihrer Verschrottung im Jahre 1835 bediente sie den gesamten Reisezugverkehr auf der 64 km langen Linie zwischen Baltimore und Parr's Ridge, die sie täglich hin und zurück befuhr.

Sehr bekannt ist auch die 1832 in Dienst gestellte B-Lokomotive „Andrew Jackson“, die am 24. 8. 1835 den ersten Zug nach Washington brachte. 1892 erfolgte ein Umbau, um die „Atlantic“ darstellen zu können; in dieser Form zeigt sie heute das Museum der Baltimore & Ohio RR Comp. in Baltimore.

Insgesamt hielt sich diese Bauart bei der Baltimore & Ohio RR Comp. über längere Zeit, 1837 entstand als letzte derartige Maschine die „Wm. Patterson“ mit der Achsfolge B, einem Zylinderdurchmesser von 311 mm bei 610 mm Hub und einem Raddurchmesser von 914 mm; die letzte Grasshopper-Lokomotive musterte man erst 1892 aus.



Die „Crabs“ der Baltimore & Ohio RR Comp.

Ross Winans entwickelte aus diesem Lokomotivtyp eine neue Bauart, wofür er im Juli 1837 die Patentrechte erhielt. Zwei Maschi-

nen, bekannt unter dem Spitznamen „Crabs“ (Krabben), kaufte 1838 die Baltimore & Ohio RR Comp.; sie liefen dort mindestens bis 1865 als „I. Mc. Kim“ und als „Mezeppa“. Winans behielt zwar den vertikalen Kessel bei, legte aber die Zylinder waagerecht und

ließ sie über ein Vorgelege auf die beiden gekuppelten Achsen wirken. Als Zylindermaße gelten 318 mm Durchmesser bei 610 mm Hub für die „I. Mc. Kim“, während die „Mezeppa“ 711 mm Hub aufwies; andere Quellen geben 365 mm × 610 mm bzw.

381 mm × 610 mm an; als Raddurchmesser sind 889 oder 914 mm anzunehmen.

Die „gearing engine“ der Sugar Loaf Coal Comp.

Während die Grasshopper und die Crabs eine für jene Zeit doch recht beachtliche Stückzahl erreichten, blieb die von Baldwin vorgestellte Weiterentwicklung des 2'A-Typs, die „gearing engine“, ein Einzelgänger. Gemäß dem am 31. 12. 1840 erteilten Patent lag hier zwischen den Achsen des Drehgestells eine Blindwelle, die über Kuppelstangen mit der Treibachse verbunden war. Zahnräder mit so weiten Zähnen, daß

Schwenkungen des Drehgestells unbehindert blieben, koppelten die Blindwelle mit den Drehgestellachsen. Die Übersetzung wählte man so, daß unterschiedliche Raddurchmesser von 1118 mm für die Treib- und 838 mm für die Drehgestellräder zur Anwendung kommen konnten.

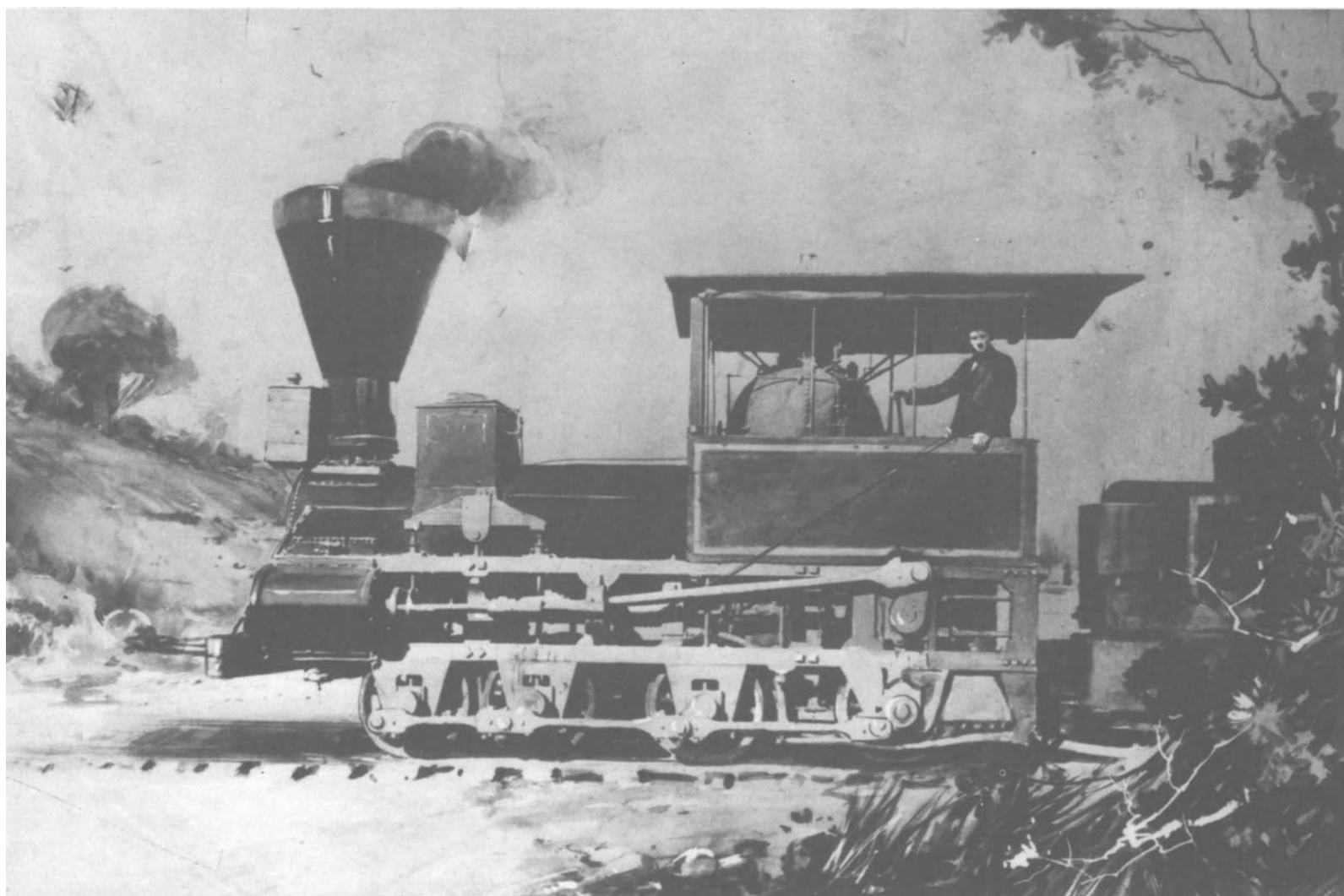
Wahrscheinlich erhielt die Sugar Loaf Coal Comp. im August 1841 die 13,6 t schwere Lokomotive, die, obwohl positive Probefahrten stattfanden, wie schon erwähnt, die einzige ihrer Art blieb.

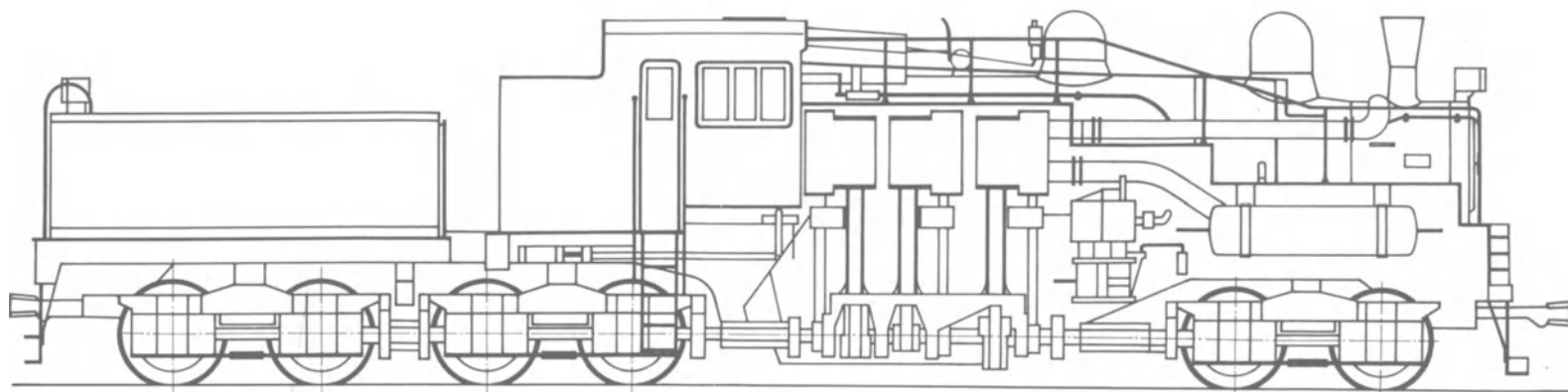
Die „Muddiggers“

Kurz vor 1850 reichten auch die Zugkräfte

der bis dahin in den USA eingesetzten C- und 2'C-Maschinen für den schweren Streckendienst nicht mehr aus; für langsame Züge boten Lokomotiven mit der Achsfolge D eine brauchbare Lösung.

1842 schuf Ross Winans zusammen mit Baldwin aus seiner crab-Bauart die ersten vierfach gekuppelten Güterzugmaschinen der USA; sie hatten waagerechte Zylinder, die über ein Vorgelege auf die Kuppelachsen arbeiteten, sowie einen stehenden Kessel für Kohlefeuerung. Das zur Erzielung hoher Zugkräfte ins Langsame übersetzende Getriebe führte anfänglich zu vielen Problemen, da das starr gelagerte Zahnrad der





Blindwelle mit dem gefederten der Treibachse k mmte. Umbauten beseitigten diesen Mangel, indem ein Verbindungsst nge zwischen Treibachse und Blindwelle stets den richtigen Zahnradabstand garantierte.

Die ersten drei Lokomotiven, die wegen der durch die tief herabreichenden Kurbeln aufgewirbelten Schmutzmassen den Gattungsnamen „Muddiggers“ erhielten, kaufte die Western RR of Massachusetts. Zwischen 1844 und 1846 folgte die Baltimore & Ohio RR Comp. mit zwölf Einheiten, die aber einen liegenden Kessel hatten, ihr Zylinderdurchmesser war 432 mm bei 610 mm Hub; der Kuppelraddurchmesser erreichte 838 mm; als Dienstmasse sind 23,5 t bekannt.

1847 entstand in den Werkstätten der Baltimore & Ohio RR Comp., etwas abweichend von Winans Bauart, noch ein Nachfolger. Die Muddiggers zeigten erstaunliche Leistungen; so beförderten sie in der Ebene eine Wagenzugmasse von 1100 t; erst 1880 zog man die letzten Exemplare aus dem Dienst, einige überlebten nach dem Umbau in normale D-Lokomotiven auch noch dieses Datum.

Die Shay-Lokomotiven

Bleiben wir noch in den USA. Für den Dienst auf den dortigen kurven- und steigungsreichen Berg- und Waldbahnen sowie für den Verschiebedienst entstanden mit den folgenden vier Bauarten Lokomotivtypen, die es zwischen 1880 und 1945 auf immerhin etwa 4000 Exemplare brachten und damit sowohl den großen Bedarf als auch ihre be-

triebliche Eignung trotz des komplizierten Gesamtaufbaues dokumentierten.

Die Shay-Lokomotive ist die wohl bekannteste von ihnen. Ihr Erfinder war *Ephraim Shay*, der in Michigan ein kleines Sägewerk betrieb und für seine Waldbahnen mit ihrem sehr unebenen Gleis eine geeignete Maschine suchte. Im Winter 1873/74 verwirklichte er mit einem Mechaniker seine Idee, und in den nächsten sechs Jahren verbesserte er die erste Shay-Lokomotive immer wieder, bis sie den Erfordernissen entsprach. Als ein Nachbar ebenfalls eine solche Lok haben wollte, verwies ihn Shay an die Lima Machine Works, die den Auftrag auch annahm und 1880 das erste Exemplar auslieferte. Es ähnelte einem vierachsigen Flachwagen mit senkrecht stehendem Kessel, auf dessen rechter Seite die ebenfalls senkrecht stehende Dampfmaschine montiert war, die über außerhalb der Drehgestelle liegende Gelenkwellen und Kegelräder die Achsen antrieb. Damit war die gesamte Anlage für die Unterhaltung sehr gut zugänglich: ein wichtiger Gesichtspunkt, erforderten doch Zahnräder und Gelenkwellen einige Aufmerksamkeit.

1881  berlie  Shay für 10000 Dollar alle Rechte zur Herstellung seiner Lokomotiven an Lima; mit dem Ankauf der Patente sollte eine der bedeutendsten Lokomotivfabriken der USA entstehen.

Recht bald entwickelte Lima auch Bauarten mit liegendem, zur Erzielung einer gleichmäßigen Gewichtsverteilung nach links verschobenem Kessel. 1884 erhielt eine Shay-Lokomotive erstmals ein drittes Triebdrehgestell; es folgten Versuche mit Dreizylind-

derdampfmaschinen, die ruhiger und gleichmäßiger als die bisherigen Zweizylindertriebwerte liefen.

Um 1900 erschien mit der 150-t-Bauart erstmals eine Lokomotive mit vier Triebdrehgestellen, von denen zwei den Tender trugen. Bei der Chesapeake & Ohio und der Western Maryland Rw. Comp. standen sie als Schiebelokomotiven im Einsatz.

1945 fertigte Lima die letzte und größte Shay-Lokomotive mit der Achsfolge B'B'B' für die Western Maryland Rw. Comp.; 147 t schwer und 19,98 m lang, arbeitete sie auf einer Anschlu bahn zwischen einer Kohlegrube und dem Netz der Bahnverwaltung. Dabei mußte eine 7%ige Steigung mit 156 t Wagenzugmasse und einer Geschwindigkeit von 16 km/h befahren werden; in der Ebene waren 5560 t ebenfalls mit 16 km/h zu befördern; dem entsprach die Zugkraft von 271 kN (27,1 t) gut. Bereits nach acht Dienstjahren wurde sie durch eine Diesellokomotive ersetzt; heute steht sie im Baltimore & Ohio Railroads Transportation Museum in Mt. Clare.

Die Climax-Lokomotive

Um die Jahrhundertwende bestand eine große Nachfrage nach Lokomotiven in der Art des Shay-Typs; da dessen Nachbau aber durch die Patentrechte nicht möglich war, suchte man eine andere Lösung, die *George Gibert* auch fand. Er wandte sich 1888 an die Climax Manufacturing Comp. in Corry, Pennsylvania, die im März des gleichen Jahres die erste Climax-Getriebelokomotive produzierte. Auch hier befand sich ein senkrechter Kessel auf einem Flachwagen, die Dampf-

maschine stand aber vor dem Kessel in Wagenmitte; über Gelenkwellen und Kegelräder waren die Achsen mit ihr verbunden.

Climax-Maschinen bewährten sich im rauen Waldbahnbetrieb recht gut. Als nächste Verbesserung kam ein liegender Kessel, und ab 1891 verlegte man die Zylinder an die Rahmenseiten; wegen des Drehgestellausschlages und der unter dem Kessel vor dem Aschkasten liegenden Kurbelwelle mußten die Zylinder schräg angeordnet werden.

Als die Skala der gebauten Maschinen schon von der 10-t- bis zur kräftigen 100-t-Ausführung reichte, strebte man eine Erhöhung der Reibungsmasse bei gleichzeitiger Vergrößerung der Achszahl an. 1897 verließ die erste Climax mit drei Triebdrehgestellen, bestimmt für eine Schmalspurbahn, das Werk. 1923 kam eine neue, verbesserte Ausführung heraus, die Überhitzer, Stahlgußdrehgestelle und Druckluftbremse hatte; davon entstanden aber nur wenige Exemplare, so daß im Dezember 1928 die letzte von 1100 Maschinen das Werk in Corry verließ.

Die Heisler-Lokomotive

Charles Heisler, ein junger Ingenieur, der bei den Brocks Locomotiv Works arbeitete, entwickelte die dritte Getriebelokomotivbauart, die Dunkirk, das Tochterwerk der Firma, baute. Die Zylinder lagen dabei V-förmig vor der Feuerbüchse, der Antrieb erfolgte über

Gelenkwellen auf die äußeren Drehgestellachsen, zu den innen liegenden stellten Kuppelstangen eine Verbindung her. Die V-förmige Anordnung der Zylinder hatte den Vorteil, den Kessel wieder in Fahrzeugmitte rücken zu können. Ebenso entfiel das bei der Climax erforderliche Hauptgetriebe im Bereich der Kurbelwelle, fortschrittlich waren auch die im Ölbad laufenden, staubdichten Kegelradgetriebe an den Drehgestellen. Ein charakteristisches Merkmal schwerer Heisler-Lokomotiven war die Aufgliederung des Rahmens in eine obere und eine untere Hälfte im Zylinderbereich.

1891 entstand die erste Heisler-Maschine, kurz darauf verließ Heisler die Firma und fand in der Stearns Manufacturing Comp. in Erie, Pennsylvania, die 1894 die erste Einheit lieferte, einen neuen Partner. Heisler konnte das Werk bald aufkaufen, das nun Heisler Locomotive Works hieß. Auch bei Heisler entstanden bald Typen mit drei Triebdrehgestellen; den ersten erhielt 1900 die Mc Cloud River RR. Diese Bahn gehörte zu den interessantesten Gebirgsbahnen; sie wies auf 35 km Länge abnorme Steigungen und sehr enge Kurven auf. Die neue Heisler-Lokomotive bewährte sich hier besonders gut; sie schleppte Züge auf Steigungen mit 15 km/h und erreichte auf ebenen Abschnitten sogar 45 km/h.

So wie hier, waren Heisler-Maschinen über-

all geschätzt; ihre robuste und einfache Bauart, ihre Wendigkeit und Leistungsfähigkeit begründeten ihren guten Ruf. Spätere Lieferungen hatten solche Verbesserungen wie Überhitzer und Ölfeuerung sowie ein geschlossenes Führerhaus mit gefälliger Linienführung.

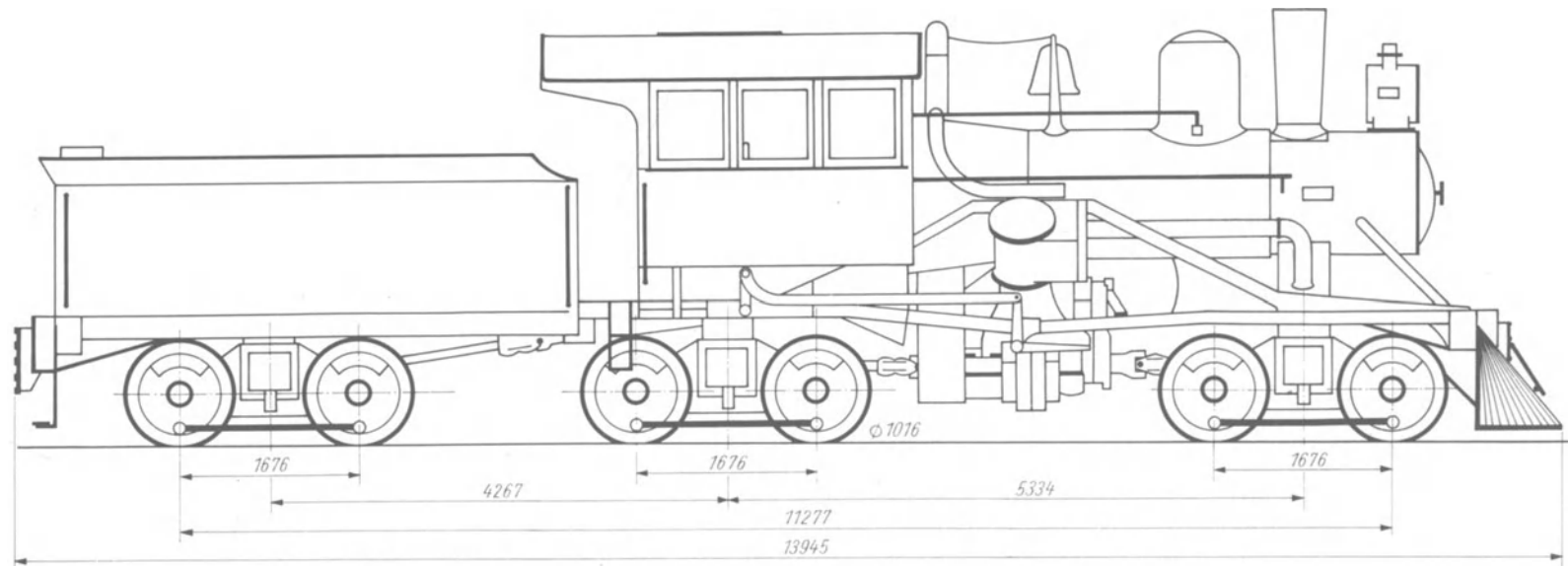
Trotzdem wurden nur etwa 850 Stück ausgeliefert; 1945 verließ die letzte das Werk in Erie. Einige versehen noch heute ihren Dienst auf Touristen- und Museumsbahnen.

Die Baldwin-Getriebelokomotiven

Bei Baldwin bemühte man sich ab 1911 nach dem großen Erfolg der Shay-, Climax- und Heisler-Maschinen unter Umgehung der bestehenden Patente ebenfalls, eine brauchbare Bauart zu schaffen.

Die erste, 1912 entstandene vierachsige Versuchslokomotive glich sehr dem Climax-Typ; ihre Erprobung erfolgte auf dem werkseigenen Bahnnetz. Während der einjährigen Dienstzeit konnten so Änderungen und Verbesserungen leichter ausgeführt werden; schließlich versah sie bei einem Baldwin-Tochterunternehmen den Rangierdienst.

1913 baute Baldwin zwei weiterentwickelte Lokomotiven, die bei einer Dienstmasse von 70 t drei Triebdrehgestelle hatten, die man an die Marysville & Northern Rv. sowie an die Croft Lumber Comp. verkaufen konnte. Eine weitere übernahm 1914 Brasilien.



Die neuseeländischen Getriebelokomotiven

Die Davidson-Typen

Die sehr erfolgreichen USA-Getriebelokomotiven regten in Ländern mit ähnlichen Einsatzbedingungen den Bau vergleichbarer Maschinen an; ein besonders markantes Beispiel dafür ist Neuseeland. Dort wagte sich 1907 die Firma der Brüder Davidson an den Bau einer Lokomotive, der noch weitere ganz ähnliche folgten. Der verbreitetste Typ hatte neben dem Rahmen leicht geneigt angeordnete Zylinder, die über eine Blindwelle und ein Vorgelege Kettenräder trieben, die durch Laschenketten mit jeweils einer Achse eines Drehgestells verbunden waren. Der Vorteil der Kette lag in den niedrigen Kosten und der einfachen Herstellung, die es auch kleinen Firmen gestattete, sich am Lokomotivbau zu beteiligen. Ketten verbanden auch die Drehgestellachsen untereinander. Der Regelkessel ruhte auf einem Rahmen, der sich auf zwei Drehgestelle abstützte; das Führerhaus bestand nur aus einem Dach; für den Tender hatten die Kunden selbst zu sorgen.

Die Johnston-Getriebelokomotiven

Die Firma J. Johnston & Son aus Invercargill in Neuseeland baute ebenfalls über viele Jahre lang Getriebelokomotiven für Waldbahnen. Im Gegensatz zu manch anderen achtete dieser Hersteller auch auf einen guten Gesamteindruck und bemühte sich um befriedigende Detaillösungen. Als größte Buschlokomotive entstand 1910 der Typ D mit vier unter dem Hauptrahmen befindlichen Drehgestellen. Die dadurch erzielte geringe Achsfahrmasse gestattete auch den Betrieb auf Holzschienen. Eine stehende Zweizylinderdampfmaschine an der Führerhausrückseite drehte eine durchgehende, in Fahrzeugmitte platzierte Gelenkwelle, die über Kegelräder alle Achsen miteinander verband. Ein liegender Kessel übernahm die Dampfversorgung; hinter dem Führerstand befand sich ein Wassertank und darüber der Behälter für das Brennholz. Je nach den Kundenwünschen variierten die technischen Daten, die zudem nur spärlich überliefert sind.

Die Price-Getriebelokomotiven

Von allen neuseeländischen Firmen, die sich im Lokomotivbau engagierten, entsprachen die Muster der Firma A. & C. Price aus Thames am besten den Wünschen der Holzindustrie. Die Qualität und Einsatzfähigkeit ihrer Buschlokomotiven wurde unter den Holzarbeitern sprichwörtlich, und mehr als 40 Jahre lang behaupteten sich Price-Lokomotiven in den Wäldern Neuseelands. Neben den in mehreren Reihen entwickelten B'B'-Lokomotiven lieferte Price zwischen 1912 und 1913 auch eine Anzahl dem Johnston-D-Typ entsprechender Maschinen mit nur unwesentlichen Unterschieden aus. In den folgenden Jahren verließen sehr verschiedenartige, den Einsatzbedingungen angepasste Lokomotiven das Werk, die letzte, eine der Bauart Heisler nachempfundene, entstand 1947.

Europäische Getriebelokomotiven

Die Harrison-Maschinen der Great Western

Auch in Großbritannien existierten verschiedene Typen von Getriebelokomotiven. Dabei blieben die ersten für die in Breitspur ausgeführte Great Western entwickelten wegen ihres Gesamtaufbaues einmalig in der Welt.

R. & W. Hawthorn aus Newcastle baute nach den Patenten von T. E. Harrison vier Lokomotiven, bei denen sich das Triebwerk und der Kessel auf voneinander unabhängigen Fahrzeugteilen befanden. Dabei lief der zweiachsige mit dem Triebwerk an der Spitze, der Lokführer hatte seinen Stand ganz vorn, die Zylinder lagen an der Rückseite; dann kam das dreiachsige Kesselfahrzeug mit dem Heizerplatz am Ende, und schließlich folgte der übliche Tender. Bewegliche Leitungen verbanden Kessel und Triebwerk.

Das erste Exemplar, die „Thunderer“, 1838 in Dienst gestellt, hatte zwei Zylinder von 406 mm Durchmesser bei 508 mm Hub und 1829 mm große Kuppelräder; die Zylinder arbeiteten auf eine über der ersten Achse gelagerte Kurbelwelle; zwei Zahnräder mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:2,7 ergaben denselben Effekt, wie ihn die Verwen-

dung von 4938 mm messenden Rädern gehabt hätte. Unbrauchbar war die Twin-Feuerbüchse des für 0,8 MPa (8 kp/cm²) Druck ausgelegten Kessels, deren beide Feuer auf dem 1,6 m² großen Rost niemals gleichmäßig brannten. Mit 58 m² Heizfläche entsprach er ansonsten den damals üblichen Größenverhältnissen.

Vor leichten Zügen erreichte die 11,7 t schwere „Thunderer“ zwar bei einer Zugkraft von 27,5 kN (2,75 t) eine Höchstgeschwindigkeit von 96 km/h, ansonsten erwies sie sich aber als kompletter Fehlschlag, und nach nur 16000 km schied sie aus. Zwei weitere ganz ähnliche Exemplare, die „Snake“ und die „Viper“, gebaut 1838 bei Wigan, kamen gar nicht erst in den vorgesehenen Dienst, sondern beförderten als „Teign“ und „Exe“ Schotterzüge auf der Oxford Line. Später erhielten sie wieder die alten Namen und blieben in dieser Form bis 1868 erhalten.

Eine weitere Lokomotive der Great Western, die „Hurricane“, gebaut von Hawthorn, entsprach zwar den Harrison-Patenten weitgehend, doch entfiel das Zwischengetriebe; dafür wuchs der Durchmesser des Kuppelradpaares auf sagenhafte 3048 mm an.

Nach diesen Fehlschlägen verzichteten die britischen Ingenieure in der Folgezeit auf solche Sonderkonstruktionen, und erst in den 20er Jahren dieses Jahrhunderts lebte die Getriebelokomotive wieder auf.

Die Sentinel-Lokomotiven

Ab 1925 setzte die London, Midland & Scottish R.W. auf ihren Nebenbahnstrecken eine kleine B-Lokomotive der Bauart Sentinel ein. Als Treibquelle diente eine stehende Zweizylinderdampfmaschine mit Ventilsteuerung, die über zwei auf den Enden der Kurbelwelle sitzende Kettenräder und von dort ausgehenden Laschenketten auf die beiden Achsen wirkte. Der Dampferzeuger bestand wie bei den schon mehrfach ausgeführten Sentinel-Dampftriebwagen aus einem kleinen vertikalen zylindrischen Wasserrohrkessel. Die Feuerbeschickung erfolgte von oben durch einen Schacht. Ein Gehäuse schloß die Maschinenanlage ein, der Rahmen bestand aus einfachen Profileisen. Sentinel stellte drei Typen mit 10, 15 und mit 20 t Dienstmasse und Höchstgeschwindig-

keiten von 30 bis 65 km/h her. In Deutschland baute Hanomag 1929 für die Kleinbahn Lüneburg–Soltau ebenfalls eine solche Sentinel-Lokomotive, die bis 1940 in Dienst stand.

Die Clayton-Lokomotiven

Ab 1927 produzierte die Firma Clayton Wagons Ltd. aus Lincoln Getriebelokomotiven, die sich bald einen guten Ruf erwarben und die auf Nebenbahnen, wo sie die Wirtschaftlichkeit und Einsatzbereitschaft leichter Reisezüge in der Art der Triebwagen verbessern sollten, oder im Rangierdienst zum Einsatz kamen. 1929 kauften auch die indische Staatsbahn für ihr nordwestliches Netz zwei und die New Zealand R.w. eine derartige Lokomotive.

Im Äußeren ähnelten sie mit ihrem geschlossenen Aufbau sehr einer Trambahnlokomotive. Als Antrieb diente eine stehende, im Führerhaus untergebrachte Vierzylinderdampfmaschine, die über ein Zahnradgetriebe und eine zwischen den Achsen liegende Blindwelle auf die Kuppelräder wirkte.

Der White-Forster-Kessel mit einem Betriebsdruck von 2,11 MPa (21,1 kp/cm²) bestand aus drei Trommeln, einer oben liegenden größeren und zwei unten befindlichen, etwas kleiner ausgeführten, die in Form eines umgekehrten V durch Wasserrohre verbunden waren. Hinter jeder der beiden Rohrreihen lag ein Überhitzer; der Kesselmantel, der die obere Kesseltrommel umfaßte, hatte eine Verlängerung nach vorn und ragte in 2,6 m Höhe aus der vorderen Stirnwand heraus. Auf diesem herausragenden Teil befand sich auch der Schornstein. Zwischen den beiden Trommeln lag der Rost; die Feuerbüchse erhielt eine Auskleidung mit feuerfesten Steinen.

In der Ausführung des Gesamtentwurfs und der Details entsprach die Firma Clayton, wie bei kleinen Serien üblich, gern den Kundenwünschen; die technischen Daten, soweit überhaupt bekannt, variierten daher stark.

Die an Neuseeland gelieferte Maschine lief dort als D1 zunächst auf der Strecke von Wellington nach Lower Hutt, die Ergebnisse entsprachen aber keineswegs den Erwartungen. 1931 wanderte sie deshalb in den Rangierdienst ab und wurde 1936 verschrottet.

Die Kerr-Stuart-Lokomotiven

Ab 1928 entstanden in der Firma Kerr Stuart & Co. in Stoke-on-Trent zwei- und dreischsige Bau- und Werklokomotiven für Spurweiten zwischen 600 mm und 1067 mm. Typisch für alle Exemplare war die am vorderen Ende eingebaute stehende Zweizylinderdampfmaschine, die über ein Vorgelege mittels Ketten auf die Achsen wirkte. Ein Blechgehäuse schloß die Dampfmaschine ein und senkte so die Wärmeverluste.

Bemerkenswert war auch der im offenen Führerhaus senkrecht untergebrachte Wasserrohrkessel der Bauart Perkins, der überhitzten Dampf von 2,1 MPa (21 kp/cm²) Druck lieferte. Der zylindrische Wassertank saß zwischen Kessel und Dampfmaschinenverkleidung, so daß der äußere Eindruck einer Regellokomotive entstand; wegen der schmalen Spurweiten fand stets ein Außenrahmen Verwendung. Als Industrielokomotive bewährte sich die Kerr-Stuart-Bauart durchaus, auf Vollbahnen fand sie aber keinen Eingang.

Die Avonside-Lokomotiven

Als weitere britische Getriebelokomotivbauart verdient auch die der Firma Avonside erwähnt zu werden.

Als 1931 eine bolivianische Zuckerrohranlage eine Lokomotive suchte, die bei 600 mm Spurweite 12,2-m-Bögen durchfahren konnte, entwickelte Avonside in Anlehnung an die Heisler-Typen eine eigene Form. Eine V-förmige schnellaufende Zwei- oder Vierzylinderdampfmaschine lag zwischen Feuerbüchse und Rauchkammer innerhalb des Außenrahmens, aber unterhalb des Kessels in Längsrichtung. Die weitere Kraftübertragung erfolgte über Gelenkwellen auf die äußeren Achsen beider Drehgestelle; Kupferstangen verbanden beide Drehgestellachsen.

Die gefertigte Stückzahl blieb nur gering; Avonside baute 1931 eine Vierzylinder- und drei Zweizylinderlokomotiven; nach der Übernahme der Firma durch die Hunslet Engine Comp. entstanden 1939 noch einmal eine Zwei- und zwei Vierzylinderlokomotiven.

Die „Leader“-Lokomotiven der Southern Rw.

Blieben die bisher genannten Getriebelokomotiven in Größe und Leistungsfähigkeit beschränkt, so waren die von *Oliver W. Bulleid*, dem 1937 ernannten Maschinendirektor der britischen Southern Rw., entworfenen Maschinen der „Leader“-Klasse für den schweren Vollbahnbetrieb gedacht.

Als C'C'-Drehgestellfahrzeug ausgebildet, nahm der Rahmen den Kessel mit Heizerstand, die Wasser- und Brennstoffvorräte sowie an jedem Ende einen Führerstand auf; ein geschlossener Kastenaufbau überdeckte alle Baugruppen.

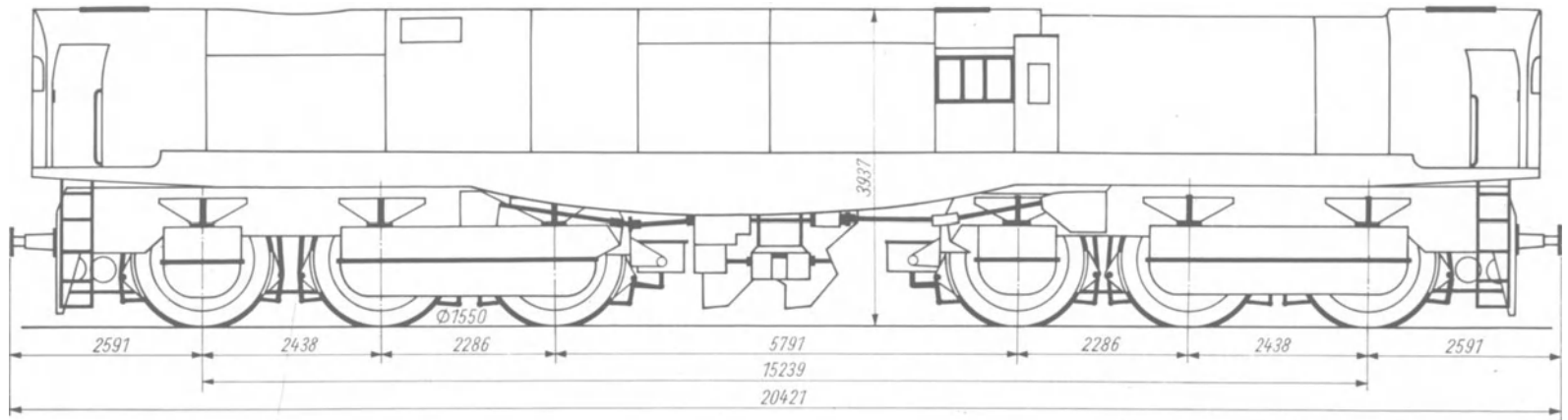
In jedem der beiden Drehgestelle befand sich je eine schnellaufende, doppeltwirkende Drillings-Gleichstromdampfmaschine. Merkwürdig war die Steuerung durch in die Zylinder eingebaute oszillierende und sich gleichzeitig drehende Hohlschieber mit Kettenantrieb. Öldicht gekapselte Ketten an der Drehgestellaußenseite übernahmen die Kraftübertragung auf die Achsen; die Dampfmaschine selbst trieb die mittlere Drehgestellachse direkt an.

Der Kessel lehnte sich an die uns schon bekannte Paget-Bauform an. Die Feuerbüchseiten- und die Rückwand bestanden aus feuerfestem Mauerwerk; nur die Feuerbüchdecke blieb wasserumspült, vier Wasserkammern sorgten für einen guten Wasserumlauf. Langkessel und Überhitzer entsprachen denen normaler Kessel. Um Platz für einen Seitengang zu schaffen, lag der Kessel außermittig.

Als Hauptdaten der Leader-Lokomotiven sind überliefert: Zylinderdurchmesser 312 mm, Hub 381 mm, Kuppelraddurchmesser 1549 mm, Achsstand 15,239 m, Kesseldruck 1,96 MPa (19,6 kp/cm²), Rostfläche 4 m², Heizfläche 222 m², Überhitzerfläche 42,1 m², Länge über Puffer 20,42 m, Dienstmasse 132,6 t, Anfahrzugkraft 195 kN (19,5 t), Höchstgeschwindigkeit 112 km/h, Wasservorrat 18,2 m³, Kohlevorrat 4,06 t.

Am 21. 6. 1949 war der Prototyp, der von der seit 1948 bestehenden British R.w. die Betriebsnummer 36 001 erhielt, fertiggestellt; die erste Probefahrt fand am nächsten Tag statt.

Vorteilhaft machte sich dabei die Drehge-



stellbauweise für die Laufeigenschaften und die Verfügbarkeit der gesamten Dienstmasse für die Reibung bemerkbar. Im November 1949, nachdem Bulleid die Staatsbahn verlassen hatte, stellte diese den Weiterbau der restlichen vier Exemplare ein, die Probefahrten mit der 36 001 gingen aber bis zum November 1950 weiter. Dabei zeigte sich die Maschine als recht störanfällig, schwierig anzufahren, aber gut in der Beschleunigung. Der Kessel erwies sich als leistungsfähig, jedoch fielen die gemauerten Wände nach einiger Zeit zusammen. Verstärkungen lösten zwar dieses Problem, verkleinerten aber die Rostfläche auf 2,38 m². Unerträglich blieben die räumliche Enge und die Hitze auf dem Heizerstand, unbefriedigend auch der Kettenantrieb und die ungleiche Achslastverteilung durch den seitlich verschobenen Kessel.

Schließlich ordnete die British Rw. 1951 die Verschrottung an, die fast fertige 36 002 und die halbfertige 36 003 folgten bald.

Die CC1 der irischen Staatsbahn

1949 übernahm Bulleid die Stelle des leitenden Maschineningenieurs bei der irischen Staatsbahn und sah dort gute Chancen, seinen „Leader“-Entwurf weiterzuentwickeln. Wieder entstand ein C'C'-Drehgestellfahrzeug, jedoch mit doppeltwirkenden Zwillingdampfmaschinen, mit Kolbenschiebersteuerung und mit Doppelkessel und zentraler, ebenfalls ausgemauerter Feuerbüchse. Bemerkenswert war die den örtlichen Verhältnissen angepaßte mechanische Torffeuerung.

Die technischen Daten der als CC1 bezeichneten Lokomotive lauteten: Zylinderdurchmesser 305 mm, Hub 356 mm, Kuppelrad-durchmesser 1092 mm, Achsstand 14,827 m, Kesseldruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 2,11 m², Heizfläche 150 m², Überhitzerfläche 29,8 m², Länge über Puffer 18,3 m, Dienstmasse 116 t, Höchstgeschwindigkeit 112 km/h, Wasservorrat 12,3 m³, Torfvorrat 11,8 t.

Bei den ab 6. 8. 1957 durchgeführten Probefahrten bewährte sie sich wesentlich besser als ihr britischer Vorläufertyp, zum praktischen Betriebseinsatz kam sie jedoch nicht mehr; nachdem sie ab 1958 stillstand, fand die Ausmusterung schließlich 1965 statt.

Die 221-TQ-1 der französischen Staatsbahn

Ab 1933 befaßte sich die Firma Dampfapparate-Baugesellschaft in Wien (DABEG) mit neuartigen Kraftanlagen für den Lokomotivbetrieb. 1938 erteilte die französische Staatsbahn dieser und der Firma Batignolles den Auftrag zum Bau einer Dampflokomotive mit DABEG-Antrieb.

Die 221-TQ-1 hatte einen außen liegenden Blechrahmen, drei fest gelagerte Radsätze und ein führendes Drehgestell. Rein äußerlich schien die Achsfolge 2'C zu sein, es handelte sich aber in Wirklichkeit um eine 2'B1.

Als Kraftquelle diente ein unter der Rauchkammer in Längsrichtung angeordneter V-12-Zylinder-Gleichstromdampfmotor mit Ventilsteuerung. Den Zylinderdurchmesser wählte man zu 200 mm, den Hub zu 280 mm,

die Maximalleistung betrug 900 kW (1224 PS). Von der Kurbelwelle führte eine waagerechte Welle zu den zwei Hohlwellenschneckengetrieben auf den mit 1 250 mm großen Rädern versehenen Treibachsen. Die Tenderlokomotive hatte im übrigen einen Regelkessel und sollte eine stromlinienähnliche Verkleidung erhalten.

Hier ergänzend noch einige technische Daten: Achsstand 8 m, Kesseldruck 2 MPa (20 kp/cm²), Rostfläche 2,17 m², Heizfläche 116,2 m², Überhitzerfläche 39,5 m², Länge über Puffer 12,11 m, Dienstmasse 79 t, Reibungsmasse 40 t.

Wegen des Krieges kam es erst 1946 zur Ablieferung. Auf die Stromlinienverkleidung verzichtete man und legte die Höchstgeschwindigkeit durch eine andere Übersetzung auf 75 km/h fest. Da das Interesse an neuen Dampflokomotiven in Frankreich aber schon weitgehend erloschen war, fanden nur noch wenige Probefahrten statt.

1.5. Lokomotiven mit Reibradantrieben

Lokomotiven mit Reibradantrieben bildeten eine Sonderform der Getriebelokomotiven. Reibräder ermöglichten ebenso wie Zahnräder die Einschaltung einer Übersetzung zwischen den Dampfzylindern und den Kuppelrädern; ihr Vorteil lag in der einfachen Herstellung, ihr Nachteil in der schlupfgefähr-

Fontaine-Lokomotive
der Canada Southern Rw.

Holman-Lokomotive der South Jersey Rd.

ten Arbeitsweise, verbunden mit niedrigem Wirkungsgrad und hohem Eigenwiderstand.

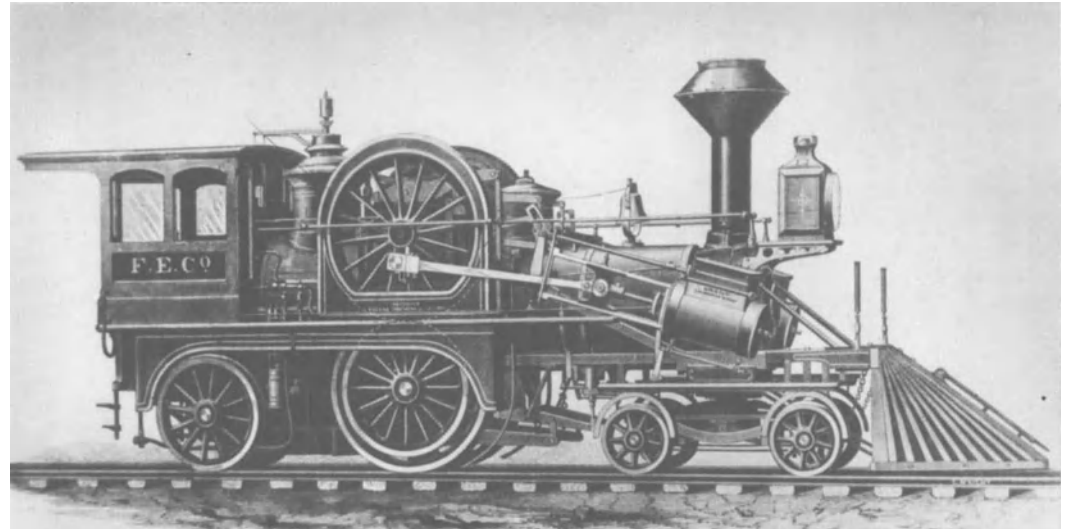
Die Bauart „Grund“

Als älteste Vertreterin dieses Systems gilt die Bauart „Grund“. Ursprünglich sollten solche Lokomotiven zur Beförderung langsam fahrender Lokalzüge auf Strecken ohne Schranken und ohne Wegbewachung dienen. Für die Höchstgeschwindigkeit von 10 km/h war der ausführbare kleinste Kuppelraddurchmesser noch zu groß; ein Reibradgetriebe, bestehend aus über den Lauf­rädern gelagerten Kurbelwellen mit aufgeschrumpften Reibrollen, die Federn direkt auf die Radlauf­flächen drückten, besorgten die Übersetzung ins Langsame. Die außen liegenden Zylinder arbeiteten in herkömmlicher Weise auf die durch Stangen miteinander verbundenen Kurbelwellen.

Die kleine und unbedeutend gebliebene Lokomotivfabrik Mödling bei Wien schuf 1873 als Fabriknummer 13 die erste derartige Maschine, einen kleinen B-Tendertyp mit Außenrahmen. Das Werk konnte sie erst 1879 als „Tisza“ an einen ungarischen Bauunternehmer verkaufen, der sie mindestens bis 1910 nutzte.

Die D7 der Reichseisenbahn in Elsaß-Lothringen

1876 baute dann der Stettiner Vulcan eine C-Tenderlokomotive, genannt „Fasolt“, mit dem Grundschen Reibradantrieb für die Reichseisenbahn in Elsaß-Lothringen als Reihe D7. Auch hier war die geforderte Höchstgeschwindigkeit von nur 10 km/h der



Anlaß zur Nutzung von Reibrädern. Bekannt sind der Zylinderdurchmesser von 320 mm bei 450 mm Hub, der Kuppelraddurchmesser von 1000 mm, der Achsstand von 3,4 m, die Dienstmasse von 33,5 t und die Zugkraft von 86,4 kN (8,64 t).

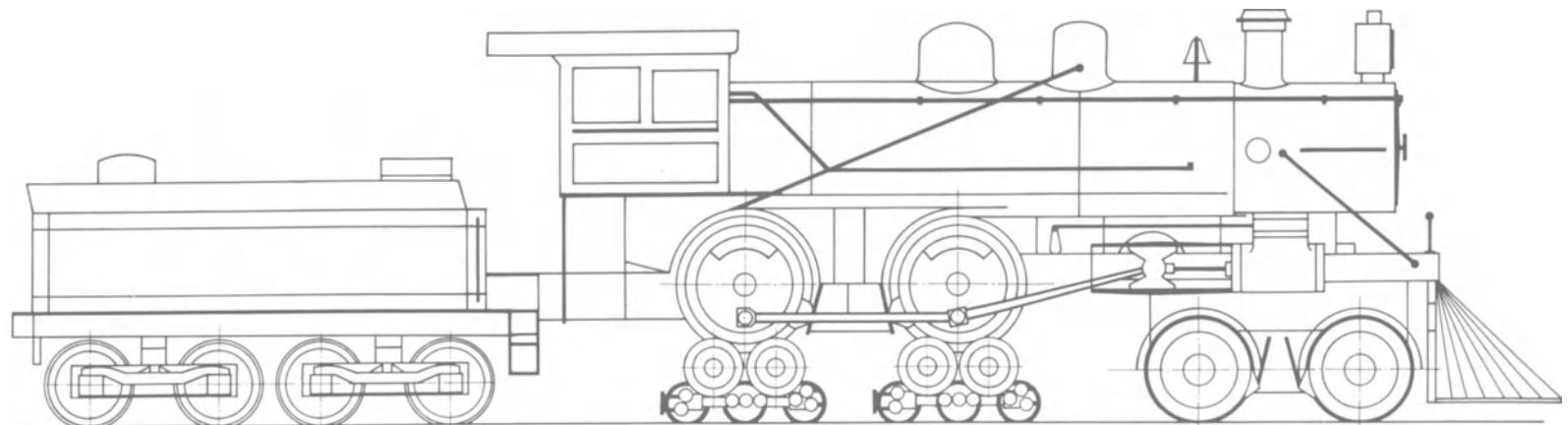
Die Fontaine-Lokomotive der Canada Southern Rw.

1881 entstand in den Grant-Lokomotivwerken in Paterson, New Jersey, USA, nach den Plänen von *Eugene Fontaine* eine weitere Lokomotive mit Reibradantrieb. Hierbei ging es um die Erzielung hoher Fahrgeschwindigkeiten, ermöglicht durch eine Übersetzung ins Schnelle unter Umgehung der sonst not-

wendigen großen Treibräder. Fontaine lagerte deshalb über dem Kessel der 2'A1-Maschine eine Welle mit zwei großen Speichenrädern, an die die Treibstangen der schräg neben der Rauchkammer angeordneten Zylinder angriffen. Blattfedern preßten die Speichenräder auf ein Gegenradpaar, das außen auf der gleichen Achse wie die Treibräder lagerte. Eine Zeitlang soll die Fontaine-Lokomotive auf der Canada Southern Rw. gelaufen sein; 1884 erfolgte der Umbau in eine konventionelle Maschine.

Die Holman-Lokomotive der South Jersey Rd.

Die wohl eigenwilligste Reibradlokomotive



blieb die Holman-Lokomotive. *Holman*, ein Ingenieur aus den USA, setzte unter jede Kuppelachse einer normalen 2'B-Maschine ein spezielles Laufgestell. Dieses bestand aus drei Achsen mit extrem kleinen Rädern sowie darüber angeordneten zwei weiteren Achsen mit Rädern etwas größeren Durchmessers, die als Reibräder mit jeweils zwei der unteren Laufräder in Verbindung standen. Ach hier lag die Ursache zur Schaffung dieser Konstruktion in dem Bestreben, der

Lokomotive eine hohe Fahrgeschwindigkeit zu ermöglichen.

1894 kaufte die South Jersey Rd. zwei derartige Maschinen für den Schnellzugdienst zwischen Philadelphia und Cape May bei Baldwin; eine von ihnen lief kurze Zeit auch bei der SOO-Line anlässlich einer Ausstellung in Minneapolis auf einem kurzen Gleisstück. Zwischenzeitlich sollen auch Testfahrten auf der Northern Pacific R.w. Comp. stattgefunden haben; mit vier Wagen er-

reichte man dort eine Geschwindigkeit von 97 km/h.

Das Holman-Prinzip befriedigte erwartungsgemäß nicht; solche Geschwindigkeiten erreichten auch normale Schnellzuglokomotiven mühelos, außerdem ließ das System wegen des mehrstöckigen Aufbaues und der kleinen Laufräder die nötige Sicherheit vermissen.

2. Dampflokomotiven mit erhöhtem thermischem Wirkungsgrad

2.1. Die Rolle des Wirkungsgrades

Dampflokomotiven waren nicht nur fahrbare Kraftanlagen, sondern dienten auch der Bereitstellung von Heizwärme und Druckluft. Diesem System stand nur wenig Raum zur Verfügung; die einschränkenden Faktoren waren das Umgrenzungsprofil und die Länge der verfügbaren Drehscheiben und Unterstände. Verglichen mit ortsfesten Kraftanlagen, fielen Dampflokomotiven, bezogen auf die gleiche Leistung, Ende der 30er Jahre nur ein Zehntel bis ein Fünftel so groß aus. Ortsfeste Kraftanlagen unterliegen keinen Massebeschränkungen; auf der Lokomotive konnte dagegen nicht nur aus Platzmangel, sondern auch wegen der Masse manche im ortsfesten Betrieb übliche und bewährte Einrichtung keinen Platz finden. Erschwerend wirkten auf die Lokomotive noch die Witterungsverhältnisse ein; kein Kessel- oder Maschinenhaus schützte vor Wind, Staub, Hitze, Schnee, Kälte und Regen. Eine Wartung konnte nur vor Fahrtantritt erfolgen, ein störungs- und wartungsfreier Betrieb über viele Stunden hinweg blieb unumgänglich. Eine Lokomotive war auch ständigen Erschütterungen ausgesetzt, die alles losrüttelten, was nicht absolut fest saß. Daher erwiesen sich viele im Kraftwerksbau durchaus bewährte Verbindungen als unbrauchbar. Nicht zuletzt verlangte der Betrieb nach sicheren und einfach zu bedienenden Lokomotiven.

Unter diesen Umständen war der bei modernen Dampflokomotiven erreichte Wirkungsgrad von 7 bis 9 % eigentlich ein ganz beachtlicher Wert. Entscheidend ist zudem für die Praxis nicht der rein theoretische Wirkungsgrad, sondern das Verhältnis von Brennstoff- und Betriebskosten zur Leistung unter Berücksichtigung des Lokomotivpreises.

Während der ganzen Entwicklungsgeschichte des Lokomotivbaus war man bemüht, dieses Verhältnis günstig zu gestalten und zugleich die einzelnen Komponenten der Lokomotive den oben erwähnten Forderungen anzupassen. Von vielfältigen Bemühungen dazu handeln die folgenden Kapitel.

2.2. Lokomotiven mit ungewöhnlichen Feuerungsarten

2.2.1. Holzfeuerungen

Holz gehört zu den ältesten und zugleich bedeutendsten Brennmaterialien für den Lokomotivbetrieb. Verwendung fanden Holzarten aller Zonen der Erde, wobei aber die tropischen Gebiete mit ihren Urwäldern die Hauptquelle bildeten.

Doch ist heißes Klima nicht gleichbedeutend mit besonders üppigem Wachstum; auch in den Tropen bedurfte es ausgedehnter Waldbestände, um die für die Eisenbahnen erforderlichen bedeutenden Holzmengen sicherzustellen.

Man benötigte deshalb so viel Holz, weil sein Heizwert, der im übrigen stark vom Trocknungsgrad abhängt, an letzter Stelle aller Brennstoffe rangierte; größere Leistungsanforderungen erforderten also die Kompensierung dieses Nachteils durch entsprechenden Brennstoffeinsatz. Entweder nutzte man verschiedene Holzarten oder bevorzugte eine einzige Sorte, so in nördlichen Gebieten Nadelholz oder Birke, an tropischen Küsten Mangrove, in Südamerika Quebrachoholz und im indischen Subkontinent Teakholz.

Holz erforderte eine spezielle Ausbildung der Feuerbüchse. Da Holz viele flüchtige Bestandteile enthält, ist die Brenngeschwindigkeit hoch, ohne daß Schlackenbildung auftritt; der Rost konnte also klein sein. Die Feuerbüchsen waren dagegen möglichst tief auszuführen, um auch bei hoher Schichtlage des Holzes unterhalb der Rohrzone zu bleiben. Rechteckige Ausführungen ergaben ein günstiges Verhältnis von Rost und Strahlungsheizfläche und verlängerten den Brennweg der Gase; letzterem diente auch ein Gewölbe aus Stein oder Stahl. Typisch für holzgefeuere Lokomotiven blieben ihre großen Kobelschornsteine, die den Funkenflug zu unterbinden hatten; Leitbleche versetzten in ihnen das Gemisch aus Abdampf, Abgas und glühenden Holzteilchen in schnelle Drehung, so daß diese so zerrieben wurden,

daß sie keine Brandgefahr für die Umgebung mehr darstellten.

2.2.2.

Anthrazitfeuerungen

Ebenso wie Holz stellte auch Anthrazit besondere Anforderungen an die Kesselbauart. Anthrazit kann nur in niedriger Schicht aufgetragen werden und verträgt auch keinen scharfen Zug, weil diese Kohle nicht bäckt und schnell in kleine Stücke zerfällt, die dann leicht fortgerissen werden. Eine große Rostfläche ist erforderlich, damit die Luftgeschwindigkeit in den Rostspalten gering bleibt. Anthrazit ist auch sehr gasarm, so daß sich die Verbrennung nur schwach in den Heizgasen fortsetzt, deshalb muß die Kohle bei der Verbrennung vor allem durch Strahlung wirken. Auch das erfordert einen großen Rost und eine möglichst dicht darüberliegende Feuerbüchse. Die großen Rostflächen machten sowohl Bau und Unterhaltung dieser Kessel als auch die Unterbringung der Lokmannschaft problematisch. Kennzeichnend für viele anthrazitgefeuerten Kessel war deshalb die Trennung von Heizer und Lokführer, wobei das Führerhaus auf dem Langkessel aufsaß. Die Verständigung konnte bestenfalls durch ein Sprachrohr erfolgen; vorhandene Verbindungsgänge ließen sich wegen ihrer ungünstigen Lage kaum begehen. Der Lokführerplatz fiel zudem eng und unbequem aus, die Armaturen blieben unübersichtlich und ließen sich schwer erreichen. Im Sommer störte auch die vom Kessel ausströmende Hitze. Da diese Bauart es aber gestattete, ein sonst unbrauchbares Feuerungsmaterial zu verwenden, erfreute sie sich auf vielen Bahnen, diese befanden sich allerdings ausschließlich in den USA, trotz aller Nachteile einiger Beliebtheit.

Die Bauarten Winans und Hayes

Die ersten brauchbaren Kessel für Anthrazitfeuerung entwickelte der Fabrikant *Ross Winans*, wobei er mit seinen „Camel's“ eine ungewöhnliche Konstruktion schuf. Winans verwendete sehr lange Stehkessel mit nach hinten abfallender Stehkesseldecke, wobei der Stehkessel zwar hinter der letzten Kuppelachse, aber noch innerhalb

des letzten Räderpaares lag. Damit fiel der Rost schmaler als die Spurweite aus. Verantwortlich für den Gattungsnamen war der große, sehr hohe Dampfdom und das auf dem Langkessel aufsitzende Führerhaus. Der Rahmen endete an der Stehkesselvorderseite, die Zugvorrichtung lief unter ihm durch, die Rostbeschickung erfolgte durch Klappen auf der Stehkesseldecke und der Rückwand.

Am verbreitetsten blieben die „Camel's“ auf der Baltimore & Ohio RR Comp., die sie hauptsächlich westlich von Cumberland einsetzte, einem 1852 eröffneten Streckenabschnitt mit 50 km langen 2%igen Steigungen und sehr engen Kurven.

Zwischen 1848 und 1854 entstand eine ganze Anzahl derartiger Maschinen, wobei sie im Laufe der Zeit immer größer und leistungsfähiger ausfielen. Der 1849 entstandene D-Typ hatte beispielsweise Zylinder von 440 mm Durchmesser bei 559 mm Hub, 1092 mm große Kuppelräder und einen Achsstand von 3,429 m; nur die Endkuppelräder besaßen Spurkränze. Relativ klein fiel der Kessel aus; sein Rost maß 2,28 m² und die Heizfläche 136 m². Voll ausgerüstet betrug die Dienstmasse 24,4 t. Zur Bedienung führten zwei Heizer mit, die ihren Platz auf dem Tender hatten, der Lokführer stand auf dem Kessel hinter dem Dampfdom.

Trotz verschiedener Mängel befriedigten die „Camel's“ so sehr, daß in der Folge allein bei der Baltimore & Ohio RR Comp. 118 Stück liefen, etwa 80 verwendeten die Pennsylvania RR Comp., die Philadelphia & Reading und die New York & Erie. Bei der Baltimore & Ohio RR Comp. dominierten sie im Güterzugdienst, aus dem sie erst um 1890 verschwanden; zwei überlebten sogar die Jahrhundertwende; ihre Verschrottung im Jahre 1902 bzw. 1904 beendete endgültig eine Periode erfolgreichen Einsatzes. Abweichend von den regulären „Camel's“, entwickelte Winans auch zwei D-Reisezugmaschinen für 1829 mm Breitspur mit Zylindern von 559 mm Durchmesser bei ebenso großem Hub und 1270 mm großen Kuppelrädern.

Ein früher Vertreter der Achsfolge 2'D entstand 1854 aus einer der 4 bei der Schließung von Winans Fabrik übriggebliebenen unvollendeten „Camel's“. Es handelte sich dabei zugleich um eine der seltenen Loko-

motiven mit vornliegendem Führerstand. Mit der erwähnten Reisezuglokomotive hatte sie die Zylinderabmessungen und den Kuppelraddurchmesser gemein. Lok und Tender hatten zusammen 20 Räder, was dieser „Camel“ den Spitznamen „Centipede“ einbrachte.

Samuel Hayes, der Maschinenmeister der Baltimore & Ohio RR Comp., baute 1852/53 in den Bahnwerkstätten fünf den D-„Camel's“ recht ähnliche Lokomotiven. Diese verfügten über Zylinder von 508 mm Durchmesser bei 559 mm Hub und 1270 mm große Kuppelräder; die Feuerbüchsen fielen mit 1,67 m² Rostfläche aber wesentlich kleiner aus, ebenso die Heizfläche von 99,6 m². Bei einer Dienstmasse von 25 t konnten sie auf dem Cumberland-Streckenabschnitt 114 t Wagenzugmasse befördern.

Mit den „Hayes Ten Wheeler's“ erschien eine weitere Spielart der anthrazitgefeuerten Lokomotive. Damals hatte die Baltimore & Ohio RR Comp. Schwierigkeiten beim Befahren der 27 km langen Steigung zwischen Piedmont und Altamont, auf der „Camel's“ die mit 2'B-Lokomotiven bespannten Reisezüge nachschoben. Hayes' 2'C-Maschinen sollten das Nachschieben erübrigen; sie hatten dazu schräg über dem Drehgestell liegende Zylinder von 483 mm Durchmesser bei 508 mm Hub, 1270 mm große Kuppelräder, 27,2 t Dienst- und 21,7 t Reibungsmasse. Drei Einheiten entstanden in den Bahnwerkstätten, die restlichen 14 lieferten zwischen 1853 und 1854 verschiedene Firmen; die letzte musterte man erst 1897 aus.

Die Bauart Colburn

Zu den speziell für Anthrazitfeuerung gebauten Lokomotiven gehörten auch die 1854 von *Zerah Colburn*, Ingenieur in den New Jersey Locomotive Works in Paterson, geschaffenen C-Maschinen. Entwickelt für 1829 mm Breitspur, wiesen sie verschiedene neue Merkmale auf. Zwar glichen sie äußerlich sehr den „Camel's“, doch lag die Feuerbüchse vollständig hinter den letzten Kuppelrädern. In der Breite überschritt sie noch die Spurweite; die Feuerbüchshöhe fiel recht klein aus, und die Feuerbüchse lag waagrecht. Im Ursprungszustand belief sich der Zylinderdurchmesser auf 508 mm, doch reduzierte Colburn ihn bald auf

Eine der ersten
Wooten-Kessel-Lokomotiven
der Bound Brook Line

1891 baute Baldwin diese
Camelback mit Vauclain-Verbundtriebwerk
für die Lehigh Valley

457 mm; der Hub betrug 610 mm und der Kuppelraddurchmesser 1219 mm. Bemerkenswert war der kleine Achsstand von nur 3,353 m, der aber zum einen das Befahren der Anschlußgleise zu den Kohlegruben ermöglichte und zum anderen erst die spezielle Ausbildung der Feuerbüchse gestattete. Freilich fielen die überhängenden Massen sehr groß aus und führten daher leicht zu ausgeprägten, Lok und Gleis gleichermaßen beanspruchenden Nickschwingungen. Mit 4,2 m² fiel der Rost für jene Zeit sehr groß aus; die Heizfläche umfaßte 93,7 m², und die Dienstmasse lag bei 33 t.

Die Bauart Milholland

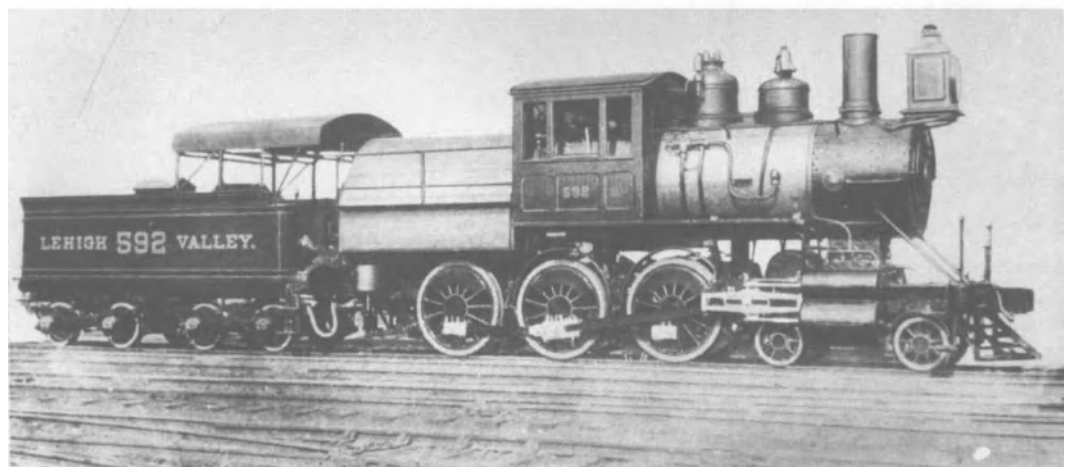
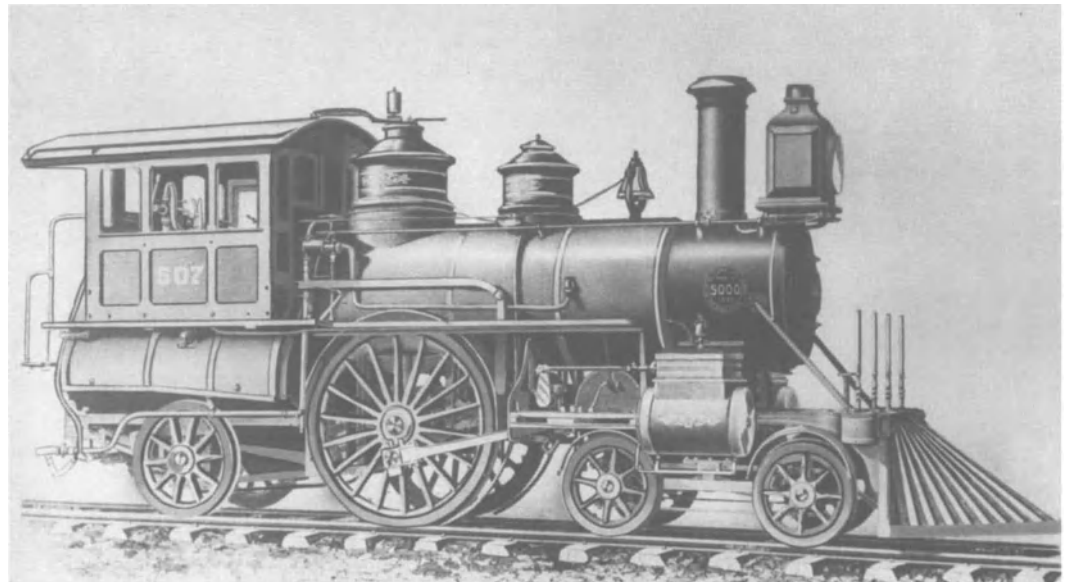
James Milholland, Chefingenieur der Philadelphia & Reading, entwickelte für seinen 1863 gebauten Sechskuppler „Pennsylvania“, eine Abart der Winansschen Kesselbauart, indem er die Feuerbüchse mit einer in den Langkessel hineinragenden Verbrennungskammer versah. Ausführliches über diese Lokomotive ist im Kapitel über die Sechs- und Siebenkuppler zu finden, weitere Ausführungen dazu können also hier entfallen.

Die Bauart Wootten

Nachdem mit den bisher besprochenen Kesseln für Anthrazitfeuerungen schon recht brauchbare Bauarten entstanden waren, schuf *John E. Wootten*, der Generaldirektor der Philadelphia & Reading Rd., mit seiner 1877 patentierten Kesselform eine speziell für feinkörnige Anthrazitabfallkohle geeignete Variante. Die amerikanischen Bergwerksgesellschaften siebten nämlich inzwischen die sehr brüchige und einen hohen Prozentsatz feinkörniger Anteile enthaltende Anthrazitkohle und schütteten den Abfall auf Halde. Natürlich kostete dieser nicht viel, und die Bahnen, deren Streckennetz in der Nähe lagen, die sogenannten „Anthrazit-Roads“, zu denen auch die Philadelphia & Reading Rd. zählte, hätten ihn gern verfeuert. Wootten verbreiterte dazu die Feuerbüchse bis zum Umgrenzungsprofil, hielt aber die Feuerbüchsenabdeckung so niedrig wie möglich. So konnte der Stehkessel über den Rädern plaziert werden, wodurch sich der unangenehme hintere Überhang vermeiden ließ. Wootten entwickelte verschiedene Kes-

selspielarten; die ursprüngliche besaß eine Verbrennungskammer und eine nach hinten abfallende Stehkesseldecke; andere Ausführungen hatten nur eine kurze oder gar keine Verbrennungskammer und meist eine gerade Stehkesseldecke. Problematisch blieb wieder die Unterbringung des Führerhauses, das sich zunächst auf dem Stehkessel befand. Kleine Kessel und ihre niedrige Lage gestatteten vorerst noch diese Bauform. Im April 1880 entwickelte Baldwin als 5000. im Werk hergestellte Lokomotive für die Bound Brook Line, einer Tochtergesellschaft

der Philadelphia & Reading Rd., eine 2'A1-Reisezuglokomotive mit einem auf diese Weise angeordneten Führerhaus. Mit leichten kurzen Zügen sollten die 145 km zwischen New York und Philadelphia bei einer Höchstgeschwindigkeit von 96 km/h in 2 Stunden zurückgelegt werden. Dazu wählte Baldwin ein Zwillingstriebwerk mit Zylindern von 457 mm Durchmesser bei 610 mm Hub und 1981 mm große Treibräder. Hinter den Treibrädern und über der Schleppachse fand die Feuerbüchse des Wootten-Kessels gut Platz; dabei umfaßte der Rost 5 m² und



die Heizfläche 130,1 m². Bei einer Dienstmasse von 38,6 t betrug die Reibungsmasse normalerweise 15,9 t.

Durch eine patentierte und später auch von anderen Firmen gern verwendete Vorrichtung ließ sich mittels eines Hilfsdampfzylinders, der vor der Feuerbüchse, aber unter dem Kessel, saß und der den Drehpunkt des Ausgleichhebels zwischen Treib- und Schleppachse verschob, die Reibungsmasse während des Anfahrens auf 20,4 t erhöhen. Der Heizer mußte auf der Tenderbühne stehend zwei Feuerlöcher bedienen, wobei das überstehende Führerhausdach nur wenig Schutz gewährte. Bei Einsätzen auf der vorgesehenen Strecke soll die Maschine im übrigen 145 km/h schnell gefahren sein. Nach kurzer Dienstzeit übernahm sie dann die Eames Vacuum Brake Comp. als Demonstrationsobjekt für die Vakuumbremse des Erfinders *Lovett Eames*. Im Laufe der Vorführfahrten landete sie schließlich in Großbritannien bei der Great Northern R.w. und bald darauf auf dem Schrottplatz.

Mit wachsenden Kesselabmessungen wanderte das Führerhaus schließlich vor die Feuerbüchse, was den Lokomotiven den Beinamen „Camelback's“ oder auch „Mother Hubbard's“ einbrachte. „Camelback's“ erfreuten sich in den USA großer Beliebtheit, sie waren in allen Dienstarten und mit vielen Achsanordnungen zu finden, besonders häufig als 2'B, 2'C und 1'D, aber auch als 1'C und 2'D und bei der Erie Rd. auch als 1'E. Von den D'D-Mallets dieser Gesellschaft war ja schon die Rede. Von den vielen der in den USA sehr häufigen 1'D1'-Maschinen liefen aber lediglich 7 Exemplare, die Alco 1907 für die Lehigh Valley Rd. baute, als „Camel-

back's“. Ebenso besaß diese Bahn die einzigen „Camelback“-Pazifiks, die Baldwin 1905/06 in 8 Exemplaren lieferte. Einmalig blieben auch die 10 1'C1'-Reisezuglokomotiven, die Baldwin kurz zuvor an die Lehigh Valley Rd. verkauft hatte und die die Gesellschaft 1906/07 in Pazifiks umbaute. Bei der Philadelphia & Reading Rd. verkehrten wiederum die einzigen „Camelback“-Maschinen der Achsfolge 2'A1 und 1'B1' und bei der St. Clair Tunnel Comp. die einzigen vier E-Tender-„Camelback's“, die Baldwin 1890 lieferte.

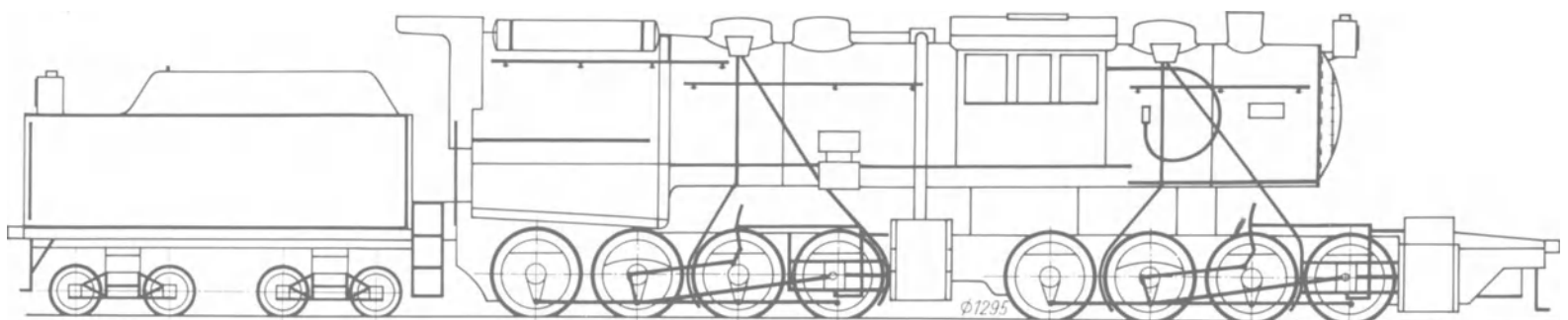
Erstere stattete Baldwin mit einem Vaucrain-Verbundtriebwerk mit Zylindern von 330/559 mm Durchmesser bei 660 mm Hub und 2134 mm großen Treibrädern aus. Der Kessel für 1,41 MPa (14,1 kp/cm²) Druck sowie 54 t Dienst- und 22,5 t Reibungsmasse ergaben eine Zugkraft von 65 kN (6,5 t). Von den beiden 1895 bzw. 1896 geschaffenen Mustern soll die Nummer 385 bei Versuchsfahrten 177 km/h erreicht haben, während sich aus fünf Wagen bestehende planmäßige Expreßzüge zwischen Jersey-City und Philadelphia bei 6 Zwischenhalten mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 82,7 km/h befördern ließen. Als nach wenigen Einsatzjahren die Reibungsmasse nicht mehr genügte, baute die Bahn sie in 2'B-Typen um.

Als einen der Höhepunkte in der Entwicklung der „Camelback“-Bauart können die 2'B1'-Lokomotiven der Reihe P-6 der Philadelphia & Reading Rd. gelten. Diese waren die Antwort auf die Maschinen, die die große Konkurrentin der Bahn, die Pennsylvania RR Comp., auf den Strecken zwischen New York und Philadelphia und auf der Seebäderstrecke zwischen New York und Phil-

adelphia und auf der Seebäderstrecke zwischen Camden und Atlantic City einsetzte. 1909 verließen vier P-6 die Bahnwerkstätten in Reading, Pennsylvania. Entwickelt vom Chefkonstrukteur *Edward O. Elliott*, glaubte dieser für die verhältnismäßig ebenen Strecken noch mit zwei Kuppelachsen auszukommen, obwohl die Pennsylvania RR Comp. schon Dreikuppler verwendete. Dafür fielen die P-6 aber besonders groß und kräftig aus. Elliott rüstete zwei der P-6, die 300 und die 303, mit einem Drillingstriebwerk aus und ordnete sie als P-6a ein. Triebwerke mit mehr als zwei Zylindern waren in den USA nie sehr beliebt, und so blieb das Drillingstriebwerk auf einige Versuchslokomotiven und einige wenige Serientypen beschränkt. Die P-6a hatten waagerechte Zylinder, so daß der Innenzylinder auf die erste Kuppelachse arbeiten mußte, wodurch dessen Treibstange sehr kurz ausfiel. Für die Außenzylinder war eine Walschaert-, für den Innenzylinder eine Joy-Steuerung vorhanden.

Doch zunächst die technischen Daten; sie lauteten: Zylinderdurchmesser 470 mm, Hub 610 mm, Kuppelraddurchmesser 2032 mm, Achsstand 7,112 m, Kesseldruck 1,58 MPa (15,8 kp/cm²), Rostfläche 8,36 m², Heizfläche 330 m², Dienstmasse 102,8 t, Reibungsmasse 57,6 t, Tenderdienstmasse 66,5 t, Wasservorrat 26,5 m³, Kohlevorrat 10 t.

„Camelback's“ eigneten sich übrigens besonders für Schnellfahrten. Die hohe Kesselhöhe und die auf der großen Strahlungsheizfläche beruhende Überlastungsfähigkeit des Kessels wirkten sich positiv aus. Das zeigte sich deutlich, als die 303 bei Versuchsfahrten auf der Atlantic City Rd. zwischen Camden und Atlantic City eine Geschwindigkeit von 193 km/h erreichte. Zwar lag die Strecke



in einem 0,7%igen Gefälle und die Wagenzugmasse war nur klein, doch ist das Ergebnis auch so noch bemerkenswert und spricht für die Qualität von Laufwerk und Kessel. Aber auch im normalen Betrieb bewährten sich die P-6 und P-6a recht gut. Die 303 erhielt schließlich 1916 einen Heißdampfkessel und lief danach als P-6sb; zudem ersetzte man das Drillings- durch ein Zwillingstriebwerk. Danach tat sie noch bis in die Zeit nach dem zweiten Weltkrieg Dienst.

Wie die P-6 blieben auch viele andere „Camelback's“ lange erhalten. 1953 standen noch 47 Maschinen bei verschiedenen Bahngesellschaften im Einsatz; die letzte soll erst 1962 ausgemustert worden sein. Im übrigen erlaubte es die Schaffung neuer Achsanordnungen, später auch das Führerhaus hinter die Wootten-Feuerbüchse zu legen, wobei zwei- oder dreiachsige Schleppgestelle zur Abstützung dienten. In dieser Form existierte eine Vielzahl sehr erfolgreicher Lokomotiven, auf die hier aber im einzelnen nicht eingegangen werden kann.

2.2.3. Staubfeuerungen

Unter Staubfeuerung versteht man das Verbrennen sehr feinen, festen Brennstoffes in der Schwebe ohne Rost. Feiner Staub verbrennt, da er der Luft eine große Oberfläche bietet, schneller und besser als kompakte Brennstoffteilchen; zudem verhält sich Staub mit Luft vermischt wie eine Flüssigkeit. Aus diesen beiden Besonderheiten resultierten gegenüber der Rostfeuerung zahlreiche Vorteile: Verwendung minderwertiger Brennstoffsorten wie Abfallkohle, aschereiche Kohle, Torf oder Braunkohle; guter Kesselwirkungsgrad, da der Luftüberschuß nur 20 bis 25 %, anstatt 50 bis 60 % wie bei Rostfeuerungen, zu betragen brauchte; hohe Belastbarkeit und lange Belastungsdauer des Kessels; kurze Anheizdauer; leichte Anpaßbarkeit an die Betriebserfordernisse durch leichte Feuerregelbarkeit entsprechend dem Dampfbedarf; Abkürzung der Ausschlack- und Rauchkammerreinigungszeit, da nur wenig Schlacke und Asche anfielen; Entlastung des Heizers von schwerer körperlicher Arbeit.

Bei der Bewertung der Staubfeuerung können aber deren Nachteile nicht vernachlässigt werden. Wollte man nicht den Einsatz von Staubwagen in Betracht ziehen, blieb der Aktionsradius auf den Gewinnungsbezirk des betreffenden Brennstoffes beschränkt. Falls kein Industriestaub, z. B. aus Braunkohlenbrikettfabriken, zur Verfügung stand, machten sich sehr teure Aufbereitungsanlagen erforderlich; auch die Einrichtungen auf Lokomotive und Tender kosteten viel Geld für Einbau und Wartung. Nur dort, wo der Brennstaub billig zu haben war, übertraf der Gewinn aus dessen Verfeuerung die hohen damit verbundenen Aufwendungen.

Die Kohlenstaubfeuerung auf der Manhattan Elevated RR in den USA

Versuche, feste Brennstoffe in vermahlenem Zustand zu verfeuern, fanden erstmals auf der Manhattan Elevated RR in den USA statt. Die Quellen weichen bezüglich des Einsatzzeitpunktes voneinander ab, es steht jedoch fest, daß es sich um die Zeit vor dem Jahre 1904 handelte. Ein Erfolg war diesem Unternehmen nicht beschieden, und es sollten einige Jahre vergehen, bis sich verschiedene US-Bahnen erneut der Staubfeuerung zuwandten.

Torfstaubfeuerung in Schweden

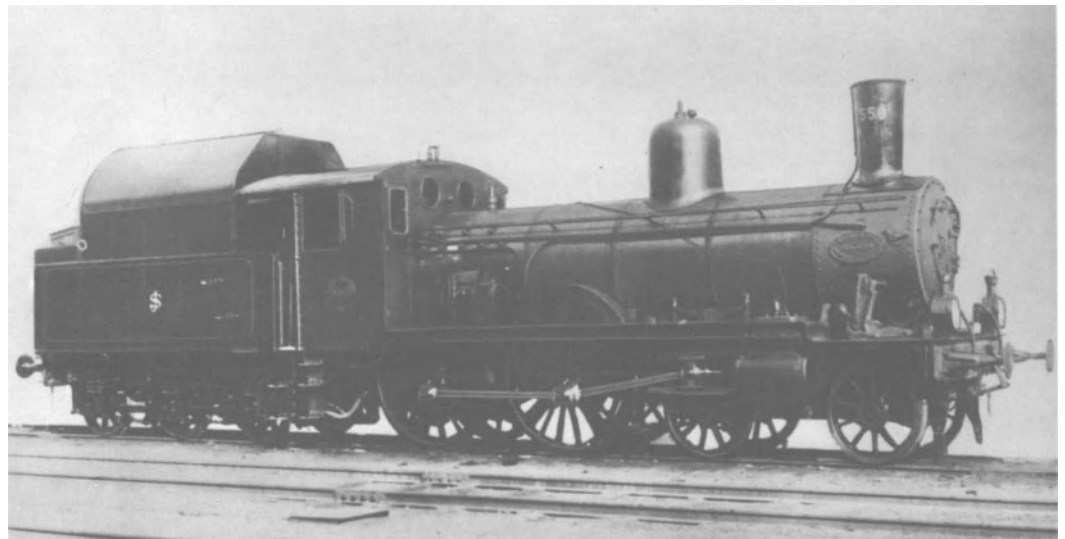
Ab 1912 gingen schwedische Eisenbahnen in

größerem Umfang zur Verfeuerung von Torfstaub über. Torf stand wegen der im Land befindlichen ausgedehnten Torflager billig zur Verfügung und versprach trotz der Notwendigkeit, entsprechende Mahlanlagen zu errichten, ein rentabler Brennstoff zu sein. Den Anfang machte die private Stockholm-Rimbo-Eisenbahn, der zwei Jahre später die erste Staatsbahnlokomotive folgte.

Die Feuerungseinrichtung zeichnete sich trotz ihres einfachen Aufbaues durch eine hohe Betriebssicherheit aus. Aus einem trichterförmigen, geschlossenen Torfstaubbehälter auf dem Tender gelangte der Brennstoff mit Hilfe von auf der Lokomotive erzeugter Druckluft zum Brenner. In der Feuerbüchse befand sich ein kleiner Kipprost, auf dem ein aus einigen Kohlenstücken bestehendes Zündfeuer brannte, im rückwärtigen Teil führte ein Kanal Sekundärluft zu; eine Ausmauerung sorgte für eine mehrmalige Umleitung des brennenden Gemisches.

Von 1914 bis 1932 rüstete die schwedische Staatsbahn insgesamt 27 Lokomotiven auf Torf- und später auch auf Kohlenstaubfeuerung um, darunter auch etliche Tendermaschinen.

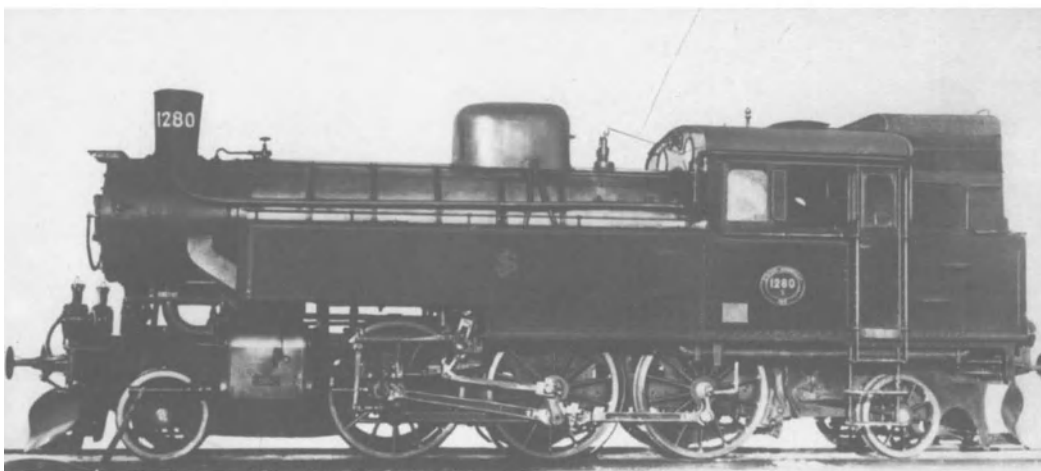
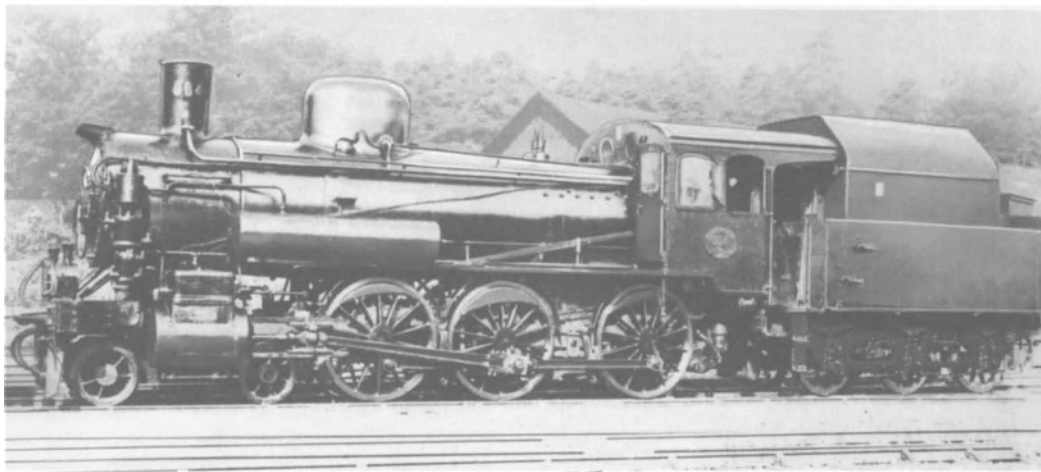
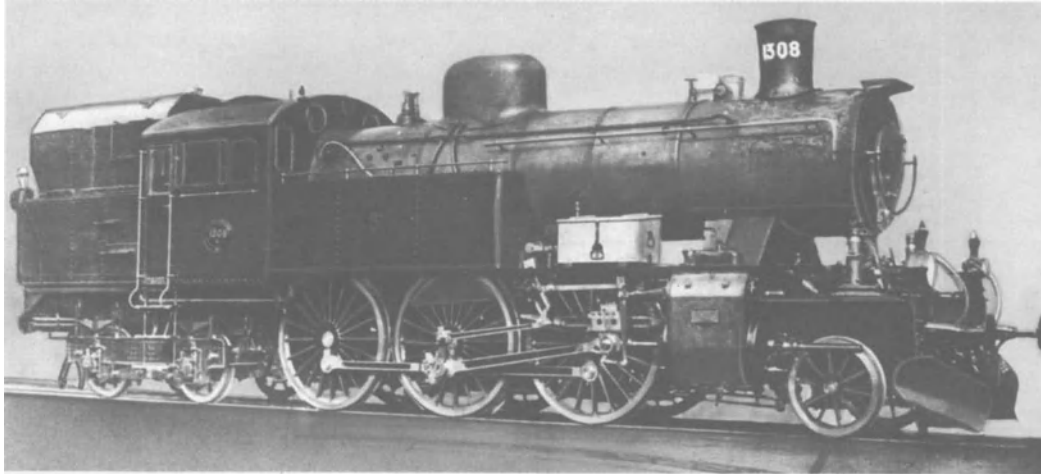
Vergleichsversuche im November 1915 auf der 96 km langen Strecke Hallsberg—Mjölby ergaben, daß 1,45 kg Torfpulver unter gleichen Verhältnissen dieselbe Leistung und Dampfmenge lieferten wie 1 kg Steinkohle.



Sb 1308 der schwedischen Staatsbahn
mit Torfstaubfeuerung

Reihe Tb der schwedischen Staatsbahn
mit Torfstaubfeuerung

Reihe Sa der schwedischen Staatsbahn
mit Kohlenstaubfeuerung



Der Dampf aus Torfpulver zeigte dabei, weil das Pulver mit längerer Flamme brannte und die Brenngase deshalb eine höhere Temperatur als die aus Kohle ergaben, eine höhere Überhitzung; auch der Kesselwirkungsgrad lag etwas höher.

Leider bestätigten sich die Hoffnungen, vor allem nach der wirtschaftlichen Seite hin, auf Dauer doch nicht. Die Staatsbahn betrieb die Torfstaubfabrik im Hästhagenmoor viele Jahre lang eigentlich nur des guten Rufes und der vielen interessierten Fachleute wegen. Nur im Jahr des großen englischen Kohlenstreikes, als der Kohlepreis stark anstieg, gelang die Deckung der Betriebskosten, ansonsten arbeitete die Anlage defizitär.

Kohlenstaubfeuerungen in den USA

Ab 1914 wandten sich auch einige USA-Bahnen wegen der ständig steigenden Kohlepreise der ökonomischen Vorteile versprechenden Staubfeuerung nach dem System der „Locomotive Pulverized Fuel Company“, kurz Lopulco genannt, zu. Aus einem auf dem Tender angeordneten Kohlenstaubtank gelangte der Staub mittels einer oder mehrerer turbinengetriebener Förderschnecken in eine Mischkammer und von dort durch Druckluft, die ein Turbolüfter erzeugte, über Verbindungsschläuche zu den Brennern an der hinteren Feuerbüchswand. Auch bei der Lopulco-Feuerung erhielt die Feuerbüchse eine feuerfeste Mauerwerksauskleidung; die Sekundärluft trat seitlich in die Feuerbüchse ein.

Lopulco-Lokomotiven liefen zuerst auf der New York Central, die 1914 eine 2'C- und später noch eine 2'C1'-Maschine umbauen ließ. Im Mai 1917 folgte eine 1'D1' der Atchison, Topeka & Santa Fe, etwa zur selben Zeit eine 1'D der Delaware & Hudson RR und schließlich zwei 2'B1' der Chicago & North Western Rr. Einsatzversuche führten zu durchaus befriedigenden Ergebnissen, allerdings hatte die verwendete Kohlenstaubsorte großen Einfluß auf das Gelingen der Fahrten. So mußte die New York Central bei jedem Wechsel der Staubsorte Änderungen an der Feuerbüchsausmauerung und an der Sekundärluftführung vornehmen, die Atchison, Topeka & Santa Fe dagegen klagte

über die geringe Haltbarkeit der Ausmauerung.

Trotz dieser Komplikationen genehmigten verschiedene Bahngesellschaften die Ausgaben für die Umstellung des Lokomotivbetriebes ganzer Direktionsbezirke auf Kohlenstaubfeuerung, als Folge des ersten Weltkrieges verhinderten aber behördliche Schwierigkeiten alle Maßnahmen in dieser Richtung.

1916 führte ein Vertrag mit der brasilianischen Zentralbahn zum Bau einer Kohlenstaubmahlanlage und zur Ausrüstung von zwölf 2'C-Breitspurlokomotiven mit der Lopulco-Feuerung. Von 1917 bis 1924 liefen diese Maschinen im Dauereinsatz; dabei verfeuerte man eine sehr schwefelreiche einheimische Kohlesorte, die für Rostfeuerung nicht geeignet war. Um 1922 lieferte die Lopulco-Gesellschaft zwei weitere Ausrüstungen für 1'D-Lokomotiven, ein Anschlußauftrag über weitere 40 Stück kam aus politischen Gründen nicht mehr zustande.

So blieb der Lopulco-Gesellschaft nur noch der Bau je einer Versuchseinrichtung für die

chilenische Staatsbahn, für die Chosen Rw. und die Imperial Government Rw. in Japan und von fünf Ausrüstungen an die ebenfalls japanische Imperial Tiawan Rw.

Nur beschränkte Verbreitung fand die ebenfalls aus den USA stammende Fuller-Kohlenstaubfeuerung, mit der während und nach dem ersten Weltkrieg einige Versuchslokomotiven in verschiedenen Ländern liefen. Im prinzipiellen Aufbau unterschied sich das Fuller-System nicht von dem der Lopulco-Gesellschaft; nennenswert ist allenfalls der Schneckenantrieb durch eine Zweizylinderdampfmaschine anstelle einer Dampfturbine.

Nach dem ersten Weltkrieg fanden in den USA keine Versuche mit Staubfeuerungen mehr statt, lediglich die Kansas City Southern Rw. versuchte mit dem völlig neuen Prinzip des Mahltenders diese Feuerungsart neu zu beleben. Auf dem Mahltender sorgte eine Turbomühle mit einer stündlichen Leistung von 2,7 t für die Bereitstellung des Kohlenstaubes; ein Turbolüfter führte ihn den Brennern zu. Zusammen mit den Hilfs-

einrichtungen war solch ein Gebilde aber viel zu kompliziert, um zum Erfolg führen zu können; die beiden derartig 1925 und 1929 ausgerüsteten Mallets bewährten sich deshalb auch prompt nicht und standen nur kurze Zeit im Einsatz.

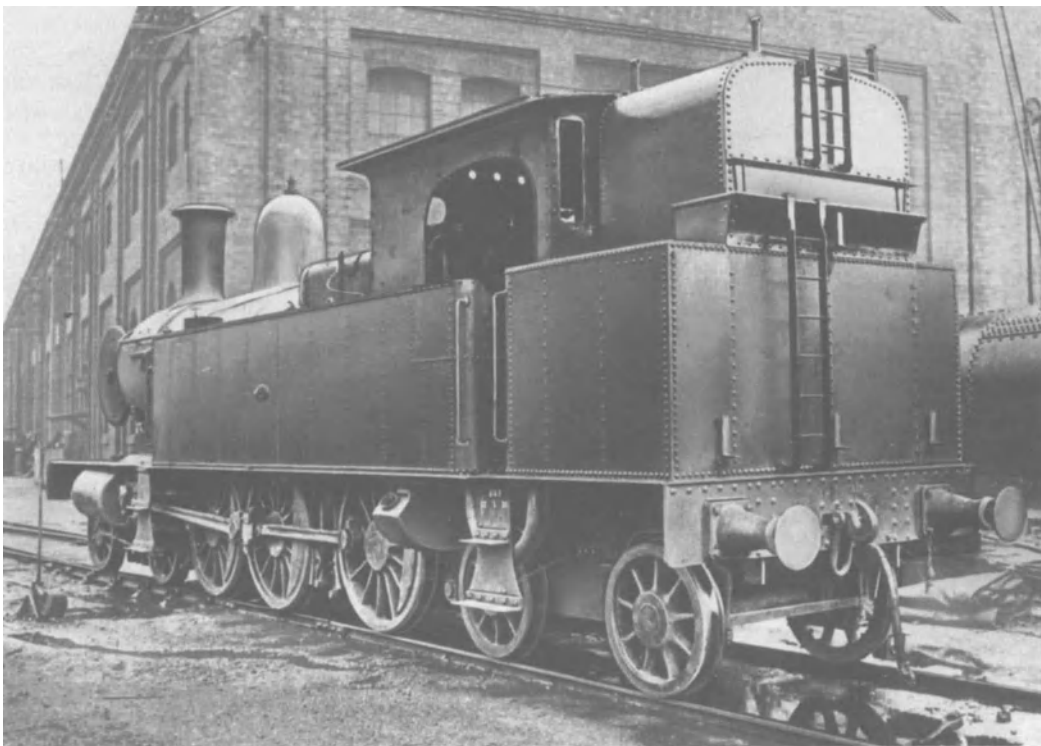
Kohlenstaubfeuerungen in Deutschland

Nach dem ersten Weltkrieg ging die Initiative zur Entwicklung von Staubfeuerungen zum großen Teil an Deutschland über, das nach 1918 seine besten Kohlefelder verlor und auf für Rostfeuerung schlecht geeignete Braun- und Steinkohlensorten zurückgreifen mußte.

Die Lokomotivfabrik der AEG beschäftigte sich seit 1918 mit der Kohlenstaubfeuerung und lieferte ab 1923 eine große Anzahl solcher Anlagen für ortsfeste Kessel. 1924 begannen Untersuchungen zur Lokomotivfeuerung, wofür ein Kessel der G8² gewählt wurde, der gerade zur Verfügung stand. In umfangreichen Standversuchen kamen verschiedene Varianten der Feuerung zur Erprobung. Die endgültige Ausführung war gekennzeichnet durch einen auf der rechten und linken Seite der Feuerbüchse unmittelbar unter dem Bodenring angeordneten wassergekühlten Düsenbrenner, aus dem das Staub-Luft-Gemisch durch fächerartige senkrechte Schlitze austrat.

Die Flammen stießen in der Längsmittle der Feuerbüche unterhalb des Feuerschirmes gegeneinander, wobei eine die Verbrennung fördernde Durchmischung entstand. Die Sekundärluft trat an der Vorderseite des Aschkastens ein und kühlte dabei den Feuerschirm, der wie der Aschkasten aus feuertesten Steinen bestand. Die Staubbeförderung zu den Brennern geschah durch zwei Förderschnecken unter dem Kohlenstaubbehälter und mittels eines Gebläses, das zugleich die Primärluft lieferte. Der Anteil der Primärluft betrug 40 % der gesamten erforderlichen Luftmenge.

Der Antrieb der Schnecken mittels einer Dampfmaschine von etwa 1,1 kW (1,5 PS) und der Gebläse mit Dampfturbinen von etwa 5,2 kW (7 PS) Leistung erfolgte getrennt und bot damit eine gute Regelbarkeit, was eine freie Wahl der Staubsorte gestattete, andererseits die Anlage aber komplizierte und den Dampfverbrauch für die Hilfs-

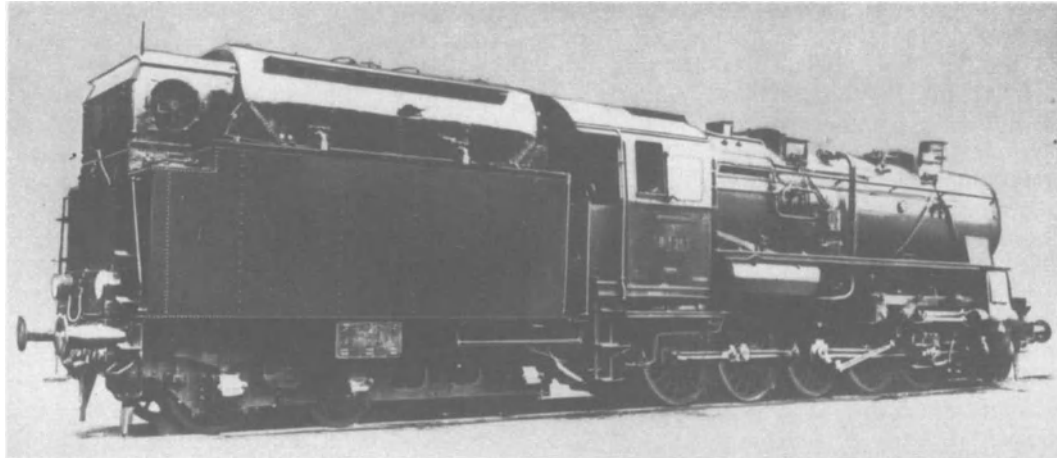


maschinen erhöhte. Vorhanden war noch ein kleiner Hilfsbrenner an der Aschkastenhinterwand, der als Zündbrenner nach dem Stillstand oder dem Leerlauf der Lok diente und der gerade die Kesselstrahlungsverluste und den Dampfbedarf der Luftpumpe deckte.

Etwa gleichzeitig mit der AEG begann die Studiengesellschaft, kurz „Stug“ genannt, ebenfalls mit Versuchen, Kohlenstaub in Lokomotivkesseln zu verfeuern. Der Stug gehörten die Firmen Henschel, Borsig, Hanomag, Krupp, Schwartzkopff und verschiedene Kohlsyndikate an. Die Bauart Stug verwendete einen oder zwei Brenner am Ende der Feuerbüchse. Diese sog. Brausenbrenner bestanden aus einem Kegelstumpf, dessen Brennerplatte viele düsenförmige Durchbohrungen enthielt, so daß das Staub-Luft-Gemisch mit bauschiger Flamme verbrannte. Ursprünglich wurde keine Sekundärluft zugeführt, später wurde sie aber generell genutzt. Die Staubbeförderung erfolgte anfangs analog zur Bauart AEG, ab 1930 jedoch war der Antrieb für Gebläse und Förderschnecke vereinigt, wodurch sich stets ein gleiches Verhältnis von Staub- und Luftmenge ergab. Bei Anwendung nur einer Kohlenart erschien diese Variante infolge des geringen Dampfbedarfes der Hilfsmaschinen zweckmäßiger.

Die Deutsche Reichsbahn übernahm 1928/30 vier Lokomotiven der Reihe 56 und zwei der Reihe 58 mit Kohlenstaubfeuerung der Bauart AEG sowie im gleichen Zeitraum vier 58er der Bauart Stug. Alle kamen zunächst zum Bw Halle, und als eine Mahlanlage für Braunkohle, die allerdings einer Braunkohlengrube gehörte, in Senftenberg entstand, dorthin. Im schweren Dienst bewährten sie sich gut und glänzten mit einem um 10 % höheren Kesselwirkungsgrad, verglichen mit den jeweiligen Regelbaureihen. Allerdings traten anfänglich Schlackenansätze und Nesterbildungen an den Rohrwänden auf, die besonders feine Vermahlung einer bestimmten Braunkohlensorte und die Änderung der Einblasrichtung behoben aber diese Schwierigkeiten.

1933 beauftragte die Deutsche Reichsbahn die Borsig Lokomotivwerke, zwei Stromlinienlokomotiven für eine Höchstgeschwindigkeit von 175 km/h zu entwerfen und zu



bauen. Man hatte damals die Befürchtung, daß bei Lokomotiven mit so großen Abmessungen, wie es das Leistungsprogramm verlangte, keine sichere Beobachtung der Strecke möglich war. Deshalb sollte eine dritte Maschine mit vornliegendem Führerstand und Stromlinienverkleidung entstehen. Sie mußte also in der Hauptfahrtrichtung mit dem Stehkessel voraus fahren; der Tender folgte hinter der Rauchkammer, so daß normale Rostfeuerung nicht möglich war und Kohlenstaubfeuerung zur Anwendung kommen mußte. In den etwa 14 m langen Staubleitungen sah man kein Hindernis, nachdem an einer Modellrohrleitung zufriedenstellende Versuche stattgefunden hatten. Bedenken hinsichtlich des durch den Schornstein ausgeworfenen Aschestaubes bestanden nicht mehr, nachdem eine Kohlenstaubgüterzuglokomotive einen Reisezug problemlos befördert hatte. Beide Annahmen sollten sich später als falsch herausstellen. Man hoffte im übrigen, den zu erwartenden Problemen durch Einbau einer im deutschen Lokomotivbau bis dahin unbekannten 1,5 m langen Verbrennungskammer Herr zu werden. 1937 verließ die 05 003 das Werk.

Grundsätzlich glich der Gesamtaufbau dem der üblichen Staubfeuerungen, jedoch entsprach die Kopplung von Gebläse und Förderschnecken der Bauart Stug. Die Gebläseluft durchströmte außerdem einen Luftwärmer, der den Abdampf der Gebläseturbine nutzte; die Staubleitungen von 180 mm Durchmesser liefen mit mehreren Krümmun-

gen nach vorn. Das Staub-Luft-Gemisch trat dann aus den AEG-Schlitzbrennern aus, um in der Feuerbüchse zu verbrennen; an der Stehkesselvorderwand strömte die Sekundärluft zu.

Da der Steinkohlenstaub nicht rechtzeitig eintraf, fanden verschiedene Fahrten mit Braunkohlenstaub statt, die zwar verbrennungsmäßig, nicht jedoch leistungsmäßig befriedigten. Die Versuche mit Steinkohlenstaub zeigten schon nach den ersten Fahrten große Schwierigkeiten; bei großer Leistung versagte die Feuerung durch Luftmangel, außerdem traten in den Staubleitungen erhebliche Druckverluste und Entmischungen auf, so daß der Staub, zum Teil ohne zu zünden, aus den Brennern fiel. Auch setzten sich nach kurzer Zeit Schlackennester an der Rohrwand ab, ein Teil des Staubes flog unverbrannt zum Schornstein hinaus. Änderungen an der Luftzuführung, der Saugzuganlage usw. brachten keinen Erfolg, so daß man die Fahrten abbrach. Die Ursachen des Mißerfolges lagen vor allem in der ungenügenden Mahlfineinheit des Staubes, seiner ungünstigen chemischen Beschaffenheit und der mangelnden Zuführung der Verbrennungsluft.

Im Sommer 1939 kam die 05 003 in das Hennigsdorfer Werk zurück. Bei Messungen in den Staubleitungen stellte man dort fest, daß 80 % des vom Gebläse erzeugten Druckes auf dem Wege bis zu den Brennern verloren gingen. Das Werk nahm daraufhin einen Umbau vor, das Gebläse rückte an das

vordere Tenderende, der nutzlose Luftvorwärmer entfiel, und die Staubleitungen begradigte man so weit wie möglich. Infolge des zweiten Weltkrieges wurden die Versuche abgebrochen und die Lok in eine rostgefeuerte, unverkleidete, mit dem Schornstein vorausfahrende Maschine umgebaut. Hier die technischen Daten der 05 003 im Ursprungszustand: Zylinderzahl 3, Zylinderdurchmesser 450 mm, Hub 660 mm, Kuppelraddurchmesser 2300 mm, Achsstand 13,825 m, Kesseldruck 2 MPa (20 kp/cm²), Rostfläche 4,39 m², Heizfläche 227,95 m², Überhitzerfläche 81,9 m², Länge über Puffer 17,4 m, Dienstmasse 129,5 t, Reibungsmasse 59 t, Höchstgeschwindigkeit 175 km/h, Wasservorrat 35 m³, Kohlenstaubvorrat 10 t.

Die Kohlenstaubfeuerungen deutscher Bauart im Ausland

Kohlenstaubfeuerungen deutscher Bauart fanden in einigen Fällen auch den Weg ins Ausland. Die ungarische Staatsbahn rüstete bereits Mitte der 20er Jahre eine Personenzuglokomotive der Reihe 324 mit Kohlenstaubfeuerung nach schwedischem Vorbild aus, die aber durch unvollständige Verbrennung und Schlackenansätze nicht befriedigte. Angeregt durch die guten Versuchsergebnisse mit der AEG-Feuerung bei der Deutschen Reichsbahn, entschloß man sich, zwei komplette Ausrüstungen bei der AEG zu kaufen, die 1928 auch geliefert wurden. Der Umbau der Lokomotiven der Reihe 324 mit den Betriebsnummern 324 463 und 324 499 erfolgte in Budapest. Die anschließenden Versuchsfahrten zeigten, daß die bei den deutschen G8-Lokomotiven gewonnenen Erkenntnisse nicht so ohne weiteres auf die ungarischen Verhältnisse übertragbar waren. Nach mehreren Umbauten jedoch lief der Betrieb schließlich problemlos ab. Auch in Großbritannien erregten die Resultate der deutschen Kohlenstaublokomotiven einiges Aufsehen. Die Southern R.W. hatte eine Zugverbindung von London nach Brighton mit non-stop-trains, die die Londoner Geschäftsleute gern benutzten, um schnell in die Badeorte an der Südküste zu gelangen. Da ein südlich von London gelegener Höhenzug an die Heizerleistung ganz besondere Anforderungen stellte, schien die

sich jeder Belastung gut anpassende Kohlenstaubfeuerung für diesen Dienst besonders geeignet zu sein. So baute die Bahn unter Nutzung der neuesten deutschen Erkenntnisse 1930 in der Bahnwerkstatt Ashford eine 1'C-Heißdampf-Schnellzuglokomotive der Reihe U mit der Betriebsnummer A 629 auf AEG-Kohlenstaubfeuerung um. Gleichzeitig errichtete eine AEG-Tochtergesellschaft in Eastbourne eine Mahlanlage.

Zunächst traten Schwierigkeiten auf, die eine neue Abstimmung von Primär- und Sekundärluft erforderten. Bei den Probefahrten ergab sich weiter, daß die Kesselleistung zum größten Teil auf der Verbrennung der flüchtigen Kohlebestandteile basierte, während der feste Rest zum größten Teil unverbrannt zum Schornstein hinausflog. Um den Flugstaub zurückzuhalten, erhielt die Rauchkammer ein Prallblech; trotzdem blieb der Auswurf so stark, daß die Bahn deswegen die Versuche 1931 einstellte.

Eine Feuerung deutscher Bauart bestellte auch die Victorian R.W. in Australien, allerdings erst nach dem zweiten Weltkrieg. Die Firma Henschel lieferte zwei Satz der Bauart Stug für eine 1'D1'-Breitspur-Güterzuglokomotive der Reihe X und einen für eine 2'C2'-Schnellzuglokomotive der Reihe R. Für das Jahr 1954 war der Umbau von 30 Maschinen auf Kohlenstaubfeuerung geplant.

Kohlenstaubfeuerungen in der UdSSR

In den 30er Jahren wandte man sich auch in der UdSSR der Kohlenstaubfeuerung zu. 1933 rüstete man eine Güterzuglokomotive der Reihe Э mit der Betriebsnummer 701-83 um, die einen Staubbehälter für 30 m³ Zuladung hatte. Schnecken beförderten den Kohlenstaub in eine Zuteiltrommel; ein Turbolüfter blies das Staub-Luft-Gemisch durch die drei Brenner, die an der hinteren Stehkesselwand lagen und von denen zwei 1500 kg und einer 500 kg Staub je Stunde verbrauchten. Nach nur dreijährigem Einsatz erhielt diese Lokomotive wegen ständiger Verschlackungen wieder Rostfeuerung. Als nächstes Exemplar folgte eine 1'E1'-Güterzuglokomotive der Reihe ФД mit der Betriebsnummer 20-400 und 1936 eine Lokomotive derselben Reihe mit der Betriebsnummer 20-894 mit Kondentender; letzterer er-

hielt später eine Mahlanlage auf dem Tender.

Ebenfalls einen Mahltender hatte eine Maschine der Reihe Э^М mit der Betriebsnummer 729-13, weitere 30 Stück dieser und einige der Reihe ФД rüstete die Staatsbahn 1939 um. Nach dem Kriege folgte eine weitere Lokomotive der Reihe Э^М und eine Maschine der Reihe ФД mit der Betriebsnummer 20-802, beide mit Mahltender, davon die letztere mit kombinierter Stückkohlen- und Kohlenstaubfeuerung. Den Abschluß bildete eine 1'E-Güterzuglokomotive der Reihe CO 17 mit der Betriebsnummer 17-1731, die Kohlenstaubfeuerung der Bauart Wendler hatte.

Kohlenstaubfeuerungen in der DDR

Nach 1945 griff die Deutsche Reichsbahn, die gezwungen war, fast ausschließlich Braunkohlenbriketts zu verfeuern, deren Verbrennung auf den für Steinkohle ausgelegten Rosten nur mit schlechtem Wirkungsgrad stattfinden konnte, die Kohlenstaubfeuerung erneut auf. Da der früher übliche sehr feine und zugleich trockene Kohlenstaub nicht mehr zur Verfügung stand, kam es bei ersten Versuchen öfters zum Festfahren der Förderschnecke; außerdem existierten keine Ersatzteile mehr für den Turbolüfter und den Dampfmotor. Zudem erschienen die Stug- und AEG-Feuerungen auch im Gesamtaufbau als unerwünscht kompliziert und störanfällig.

Für die neuen Betriebsbedingungen fand *Hans Wendler* ein neues und sehr betriebssicheres Verfahren. 1948 veranlaßte er den Ausbau der Tendereinrichtung der Stug-Lokomotive 58 1353; der Tender erhielt eine pneumatische Staubaustragung, zunächst noch mit dem später auf Grund der Erfahrungen mit der 17 1119 ebenfalls entfallenden Turbolüfter. Wendler schloß die Feuerbüchse luftdicht ab und führte die gesamte Verbrennungsluft zusammen mit dem Kohlenstaub durch die Brenner zu. In den beiden Wirbelbrennern entgasten davorgesetzte Schamottemuffen die Kohle und wärmten die Luft vor. Die hohe Feuerbüchstemperatur und das Fehlen der Sekundärluftzuführung führten zu sehr hohen Verbrennungstemperaturen, auch entstanden stark verkürzte Flammenwege; die flüssigen

Ascheteilchen erstarrten, noch bevor sie die Rohrwand erreichten, und konnten so nicht mehr zu Verschlackungen führen.

Ein mitgeführter Kohlenstaubbehälterwagen gestattete es, den Fahrbereich durch Umfüllen des Staubes auf den Tender während der Fahrt erheblich zu erweitern. Die Erprobung ergab, daß der Kesselwirkungsgrad um 10 % gegenüber einer mit Steinkohlen gefeuerten Rostlokomotive und um 35 % gegenüber einer mit Braunkohlenbriketts gefeuerten Lokomotive stieg.

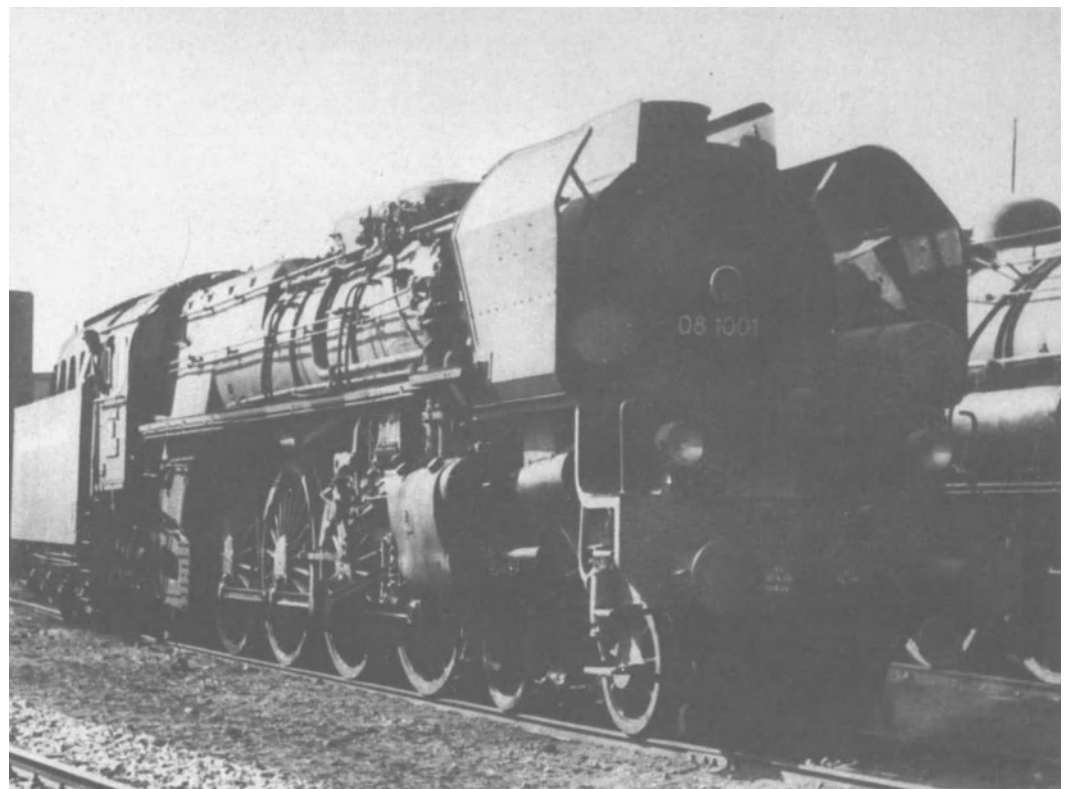
Nachdem die 58 1353 einwandfrei arbeitete, baute die Deutsche Reichsbahn 1948/49 die 17 1119 entsprechend um; der von einer Lokomotive der Reihe 52 stammende Kondens-tender enthielt schon mehrere Kohlenstaubkammern. Allerdings mußte infolge des großen Platzbedarfes der Kondenseinrichtung der Turbolüfter entfallen. Demzufolge saugte der bei Kondenslokomotiven in der Rauchkammer befindliche Saugzugventilator die gesamte Verbrennungsluft über die Brenner an. Die der jeweiligen Belastung entsprechende Staubmenge wurde dem Luftstrom pneumatisch zugeteilt. Dieses System machte mechanisch bewegte Teile zur Staubbeförderung überflüssig; außerdem ersetzten Gummischläuche die Tender und Maschine verbindenden Kugelgelenkrohre. Damit hatte die Entwicklung der Kohlenstaubfeuerung bei der Deutschen Reichsbahn einen Stand erreicht, der ein großzüliges Umbauprogramm aussichtsreich erscheinen ließ.

Dieses begann mit dem Bau größerer 16 t Staub und 24 m³ Wasser fassender Tender für die Güterzuglokomotiven der Reihe 58. Nachdem die ersten zehn Exemplare gute Leistungen brachten, rüstete man nochmals 44 Lokomotiven um; ihre Stationierung erfolgte in den Bw Dresden-Friedrichstadt, Halle-G, Weißenfels, Senftenberg, Merseburg und Zeitz. Ab 1966 begann die Ausmusterung.

Von 1949 bis 1951 wurden außer der 17 1119 weitere 14 Maschinen der Reihe 17¹⁰⁻¹² mit Kohlenstaubfeuerung versehen. Von ihnen erhielt 1954 die 17 1104 im RAW Meiningen zusätzlich zum normalen Tender einen Kohlenstaublanglauftender; die Lokomotive selbst hatte einen neuen Kessel und neue Innenzylinder. Der Kohlenstaublanglauftender

bestand aus zwei kurz gekuppelten umgebauten Tendern, die mit je zwei Drehgestellen versehen waren; 105 t Kohlenstaub garantierten je nach Kohlensorte eine Laufleistung zwischen 4000 und 6000 km. Auf dem Lokomotivtender befand sich noch ein kleiner Staubbehälter für 3,5 bis 4 t; sein Wasserbehälter nahm maximal 42 m³ auf, ausreichend für 500 km. In Tendermitte befanden sich zwei Aufenthaltsräume mit als Schlafgelegenheit dienenden Bänken. Mit der 17 1104 fanden interessante Versuchsfahrten statt, so z. B. am 16. und 17. 9. 1954 über die 1400 km lange Strecke von Saßnitz nach Gutenfürst und zurück, ohne daß ein Bw zur Entschlackung oder zur Rauchkammerreinigung angelaufen werden mußte. Mit einem 400-t-D-Zug durchfuhr die 17 1104 die Strecke in 25 h, 42 min bei 77 min Betriebsaufenthalt. Zwar bestand die Komposition die betriebliche Bewährung, doch existierten für den Einzelgänger keine Einsatzmöglichkeiten. So wich der Langlauftwagen

bald einem normalen Kohlenstaubtender, mit dem die Lok noch bis 1962 lief. Alle Kohlenstaublokomotiven der Reihe 17¹⁰⁻¹² dienten beim Bw Cottbus; die ersten musterte man schon 1959 aus. Heute sind bis auf die 17 1042, die als Museumsstück erhalten bleibt, alle verschrottet. Zwischen 1953 und 1957 erhielten 25 52er mit Wannentender sowie 21 Lokomotiven der Reihe 44 mit Wannentender eine Kohlenstaubfeuerungsanlage. Die Lokomotiven der Reihe 52 waren im Bw Senftenberg, die 44er in den Bw Halle-G, Erfurt-G und Arnstadt stationiert; von ihnen verkehren keine mehr. Einzelgänger blieben die 03 1087, die nur von 1952 bis 1957 als Kohlenstaublokomotive lief, die 07 1001, die 1952 im RAW Stendal umgebaut wurde und die beim Bw Dresden-Altstadt bis zu ihrer Ausmusterung im Jahre 1958 Dienst tat, die 08 1001, die das RAW Zwickau umrüstete und die ebenfalls bis 1958 im Bw Dresden-Altstadt stationiert war, die 25 1001 und 25 1002 sowie die 65 1004.



25 1001 der Deutschen Reichsbahn
mit Kohlenstaubfeuerung

36 457 der Deutschen Reichsbahn
mit Kohlenstaubfeuerung



Die 25 1001, eine Rostlok, hatte zunächst einen Tender mit Stokereinrichtung, der jedoch nicht befriedigte. So wurde sie 1958 mit einem Kohlenstaubwannentender versehen und auf Staubfeuerung umgebaut; sie erhielt die Nummer 25 1002. Die 25 1001 hatte von vornherein Kohlenstaubfeuerung,

beide Maschinen taten bis 1965 Dienst beim Bw Arnstadt. Die ebenfalls im Bw Arnstadt eingesetzte 65 1004 erhielt 1963 wieder Rostfeuerung.

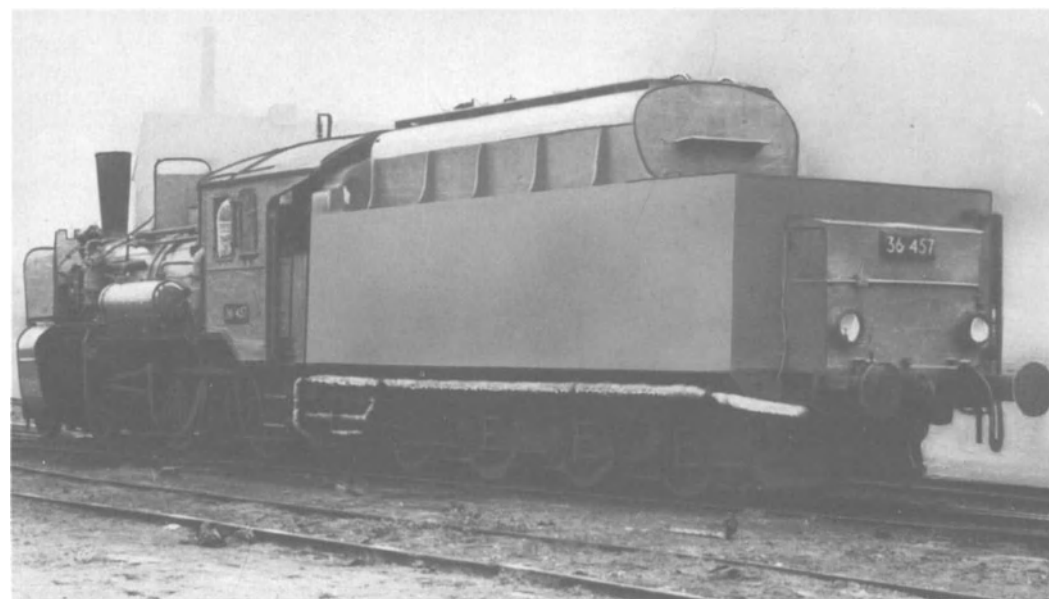
Parallel zur Entwicklung der hier besprochenen Kohlenstaublokomotiven erprobte Wendler ein Verfahren, bei dem stark über-

hitzter Hochdruckdampf Kohlengrus in Staub umwandelte und trocknete. Diese Einrichtung, genannt Druckentlastungszerkleinerer, kam für die 36 457, die einen Steifrahmentender mit einem Staub- und einem Kohlebehälter erhielt, zur Anwendung. Ein auf dem Feuerschirm liegender Überhitzer überhitzte den zum Zerkleinern der Kohle vorgesehenen Dampf auf 600 bis 700 °C, dieser drang in die Kohleporen ein, während die Kohle mit hoher Geschwindigkeit auf eine Prallplatte traf und dabei zu Staub zerfiel, der wie bei einer normalen Kohlenstaublokomotive verbrannte.

Eine noch größere Verbreitung der Kohlenstaublokomotive wurde lediglich durch eine gewisse Staubknappheit verhindert, da auch andere Industriezweige großen Bedarf an Staub hatten. Bleiben noch die ausländischen Lokomotiven mit Kohlenstaubfeuerung der Bauart Wendler zu erwähnen. Neben der schon genannten sowjetischen Lokomotive betrifft das eine 2'D1'-Schnellzuglokomotive der ČSD, eine 1'C1'-Schnellzuglokomotive derselben Bahnverwaltung sowie eine bulgarische Güterzuglokomotive. Mit der ebenfalls für die Deutsche Reichsbahn entwickelten Kohlenstaubfeuerung der Bauart Lowa liefen nur zwei Maschinen, und zwar die H45 024 und die 58 1346. Die Anlage bestand aus einem an der Führerhausrückwand befindlichen Staubbehälter, der mittels Druckluft vom Tender aus gefüllt wurde. Von hier aus beförderte der Unterdruck in der Feuerbüchse den Staub zu den Brennern. Das Staub-Luft-Gemisch verwirbelte dabei erst einmal in den Brennerrohren, bevor es die den Brenner abschließende Düsenplatte in zahlreiche Einzelstrahlen zerlegte. Die Hochdrucklok unternahm nur zwei kurze Versuchsfahrten, deren Mißerfolg nicht an der Feuerungsart lag, während die 58 1346 mehrere ebenfalls nicht befriedigende Probefahrten durchführte und schließlich 1954 abgestellt wurde.

2.2.4. Ölfeuerungen

Lokomotiven mit ölgefeuerten Kesseln liefen in vielen Teilen der Welt und verdrängten in manchen Gebieten die Kohlefeuerung vollständig. Das ist im Hinblick auf die Vorteile,



die diese Bauart bot, leicht verständlich. So benötigten Ölokomotiven nur eine kurze Anheizzeit, die leichte Regelbarkeit des Feuers ermöglichte eine schnelle Anpassung der Dampfentwicklung an die Betriebserfordernisse, Schlacke und Asche fielen nicht an, lange Strecken ließen sich ohne Halt durchfahren, die Rauchentwicklung hielt sich in Grenzen, Funkenflug trat nicht auf, die Betankung war unkompliziert, das Heizöl blieb lange lagerfähig und beanspruchte, verglichen mit Kohle, ein kleineres Volumen, der Heizer konnte sich infolge des Wegfalls schwerer körperlicher Arbeit an der Streckenbeobachtung beteiligen, und nicht zuletzt stieg der Kesselwirkungsgrad bei speziell für Ölfeuerung gebauten Lokomotiven um etwa 15 % an.

Nachteilig machten sich die bei einem Umbau doch recht erheblichen Kosten und die Ausgaben für die Betankungsanlagen bemerkbar. Außerdem galt ein niedriger Ölpreis als Voraussetzung für einen erfolgreichen Wettbewerb mit der Kohle.

Das Prinzip der Ölfeuerung basierte darauf, daß das eingespritzte und feinerstäubte Öl durch die Strahlungswärme der Feuerbüchse zerfiel, wobei sich die entstehenden Gase entzündeten. Zuerst verbrannten die leichten Ölbestandteile, dann die schwerer siedenden. Die Überlegenheit der Ölfeuerung, die sie an die Spitze aller Brennstoffe gerade bei den beschränkten Raumverhältnissen des Lokomotivkessels stellte, lag in der hohen Verbrennungstemperatur und der Möglichkeit, mit einem geringen Luftüberschuß eine vollständige Verbrennung zu erzielen, was zu dem schon erwähnten hohen Kesselwirkungsgrad führte.

Im Laufe der Entwicklung entstanden sowohl Ölhaupt- als auch Ölzusatzfeuerungen. Ölhauptfeuerungen nutzte man besonders dort, wo Heizöl in natürlichem Zustand vorkam und deshalb besonders billig war, oder in Gebieten mit vielen und langen Tunnels, wo die Kohlefeuerung wegen der Rauchplage als unerwünscht galt. Ölzusatzfeuerungen eigneten sich für diese Aufgabe nicht besonders, da die richtige Abstimmung der Zuführung von Kohle und Heizöl Schwierigkeiten bereitete. Lokomotiven mit Ölhauptfeuerung hatten stets eine Ausmauerung der Feuerbüchse, diese hielt die

Flamme von der Feuerbüchswand ab und diente zugleich als Wärmespeicher, der eine zu schnelle Abkühlung der Feuerbüchse nach dem Abstellen der Brenner und damit ein zu rasches Sinken des Kesseldruckes verhinderte.

Die Ölzusatzfeuerung eignete sich besonders dazu, vorübergehend hohe Kesselleistungen bei schwierigen Streckenverhältnissen zu erreichen, auch konnten minderwertige Kohlesorten verfeuert werden. Des weiteren entfielen größere Umbauten, da Rost und Aschkasten im Ursprungszustand verblieben. Die Zündung des Ölbrenners erfolgte durch das Kohlefeuer problemlos.

Ölfeuerungseinrichtungen bestanden aus den Öltanks, den Leitungen, den Regelungsorganen und den Brennern. Nach der Anordnung der Brenner bezüglich der Lage zum Stehkessel existierten vier Bauarten: Brenner in der Feuertüröffnung, in der Feuertürwand, unterhalb der Stehkesselrückwand und unterhalb der Rohrwand. Die Brenner konnten als Druck-, Dampf- oder als Druckluftbrenner arbeiten. Bei den Druckbrennern stand der Brennstoff selbst unter Druck und gelangte so in den Verbrennungsraum, die Dampf- und Druckluftbrenner arbeiteten mit Dampf oder Luft als Zerstäubungsmittel; davon haben sich als einzige die Dampf- und Druckluftbrenner auf Dauer bewährt. Brennerkonstruktionen aus der Frühzeit der Ölfeuerung benötigten viel Dampf, bis zu 10 % der im Kessel erzeugten Dampfmenge, modernere Brenner kamen mit 3 bis 5 % aus.

Ölfeuerungen in den USA

Eine Pionierrolle bei der Einführung der Ölfeuerung übernahmen vor allem die USA-Bahnen. Die Entdeckung der Ölfelder von Oklahoma, Pennsylvania, Texas, Kansas und Kalifornien bildete die Grundlage einer rasanten Entwicklung. Die ersten Ölokomotiven liefen 1887 auf der Atchison, Topeka & Santa Fe, gefolgt ab 1900 von den Sunset Central Lines, der San Antonio & Aransas Pass RR und der Southern Pacific. Seit jener Zeit verdrängte das Öl die Kohle als Brennstoff im Südwesten der USA fast ganz und im Mittelwesten, im Pazifik-Küstenbereich und im Nordwesten teilweise. Manche Eisenbahngesellschaften erwarben selbst Ölfelder, um ihren Bedarf kostengünstig dek-

ken zu können. Ölgefeuerte Lokomotiven blieben bis zum Ende der Dampftraktion im Einsatz, sie bewährten sich vorzüglich.

Ölfeuerungen in Rumänien

Bei dem Reichtum Rumäniens an Erdöl lag es nahe, auch dort die Ölfeuerung einzuführen. Schon 1887 erfolgten erste planmäßige Versuche, die bei der Destillation anfallenden Rückstände in Lokomotiven zu verfeuern. 1896 nahm man nach ausgezeichnet gelungener Erprobung des auf der britischen Great Eastern Rv. eingesetzten Holden-Brenners die gemischte Feuerung mit Lignit, einer Braunkohlensorte, und Ölrückständen auf; bis 1903 verfügten schon 353 Lokomotiven über diese Feuerung, und 1901 konnte die Staatsbahn alle Kokskaufe einstellen. Mit der wachsenden Entwicklung der rumänischen Erdölindustrie ging der Preis der Ölrückstände so zurück, daß in der Folge auch die Ölhauptfeuerung Fuß faßte und bis zum Ende der Dampftraktion erhalten blieb.

Ölfeuerungen in Österreich

In Österreich hatte schon 1894 die Arlbergbahn Versuche mit der Ölfeuerung der Bauart Holden begonnen. Nachdem ab 1903 die galizische Ölförderung derart anstieg, daß Österreich-Ungarn 1911 die fünfte Stelle im Weltmaßstab einnahm und die Kapazität der Raffinerien für diese Menge nicht ausreichte, nutzte die Staatsbahn ab 1908 diese Überproduktion zur schrittweisen Ausrüstung von 800 Lokomotiven mit Ölhauptfeuerung. Das Wiederhinaufschnellen des Rohölpreises auf dem Weltmarkt machte jedoch noch vor Beginn des ersten Weltkrieges der Ölfeuerung in Österreich ein Ende.

Neben diesen drei Staaten spielte die Ölfeuerung in der Zeit bis zum ersten Weltkrieg auch in Rußland, der Türkei und in Mexiko eine wichtige Rolle.

Ölfeuerungen in Deutschland bis 1945, in der BRD und der DDR

Der ersten Anwendung in Deutschland bei der damaligen preußischen Staatsbahn lag die Absicht zugrunde, den bei der Destillation der Steinkohle anfallenden Rohteer bzw. das daraus gewonnene Steinkohlenteeröl wirtschaftlich einzusetzen und die

Vorteile der Ölfeuerung bei Berg- und Tunnelfahrten zu nutzen.

Nachdem schon Versuche mit Petroleumfeuerungen stattgefunden hatten, ordnete die Bahn 1909 Betriebsversuche mit Teerölfeuerung an. Nach Standtests mit verschiedenen Brennerbauarten rüstete man je eine Lokomotive der Reihen G3, P4 und S3 mit Teerölzusatzfeuerung und eine S3 mit Teeröhlauptfeuerung aus. Obwohl die mehrjährige Erprobung günstige Resultate ergab, setzte die Preissteigerung des Teeröls der Ölfeuerung schnell ein Ende.

Während des zweiten Weltkrieges bestand die Absicht, die Erdölvorkommen in den okkupierten Gebieten der Sowjetunion auszunutzen. So sollten die im Kriegseinsatz verwendeten Lokomotiven der Reihen 55^{16–22}, 55^{25–26} und 57^{10–40} auf der Fahrt in Richtung Osten mit Kohle und auf der Rückfahrt mit Öl gefeuert werden. Ein 1942 aufgestelltes Programm sah die Ausrüstung von 1000 Lokomotiven vor, aber als 1943 die faschistische Armee aus den Erdölgebieten vertrieben wurde, mußte die Deutsche Reichsbahn diesen Beitrag zu Eroberung der SU aufgeben. Einen Teil der Ausrüstungen vernichtete ein Fliegerangriff, die restlichen 200 erhielt Rumänien.

Nach 1948 kam es auf dem Gebiet der heutigen BRD zu einer empfindlichen Kohleknappung gerade bei den für Lokomotivfeuerung geeigneten Sorten. Für die Einführung der Ölfeuerung bei der Deutschen Bundesbahn war seinerzeit der Umstand ausschlaggebend, daß die USA-Importkohlelieferungen sehr unregelmäßig erfolgten und während des Suez-Krieges ganz ausblieben. Heizöl stand dagegen jederzeit und unbegrenzt zur Verfügung, und so entschloß sich die Bahn, 1953 eine Anzahl Lokomotiven verschiedener Reihen auf Ölfeuerung umzustellen. Das in Betracht kommende schwere Heizöl unterschritt damals, gemessen am Heizwert, den Kohlepreis nicht unerheblich, jedoch war die Preissituation nur ein Faktor für die Umstellung, auch die sonstigen schon erwähnten betrieblichen Vorteile sprachen für sie.

Im Jahre 1956 nahm die Deutsche Bundesbahn die Umrüstung der 01 1100 auf Ölzusatzfeuerung vor, ihr folgten bis 1958 weitere 33 Exemplare der Reihe 01¹⁰, allerdings

mit Ölhauptfeuerung. Diese bewährte sich bei den Hochleistungslokomotiven außerordentlich gut; es ergaben sich Brennstoffersparnisse bis zu 10 %, und die Zughakenleistung ließ sich ohne besondere Belastung des Personals auf über 1472 kW (2000 PS) steigern. Außerdem fuhr man Langläufe von 1000 km und mehr vor schwersten Schnellzügen, so daß die ölgefeuerten 01¹⁰ bald als die leistungsstärksten Dampflokomotiven der Deutschen Bundesbahn galten.

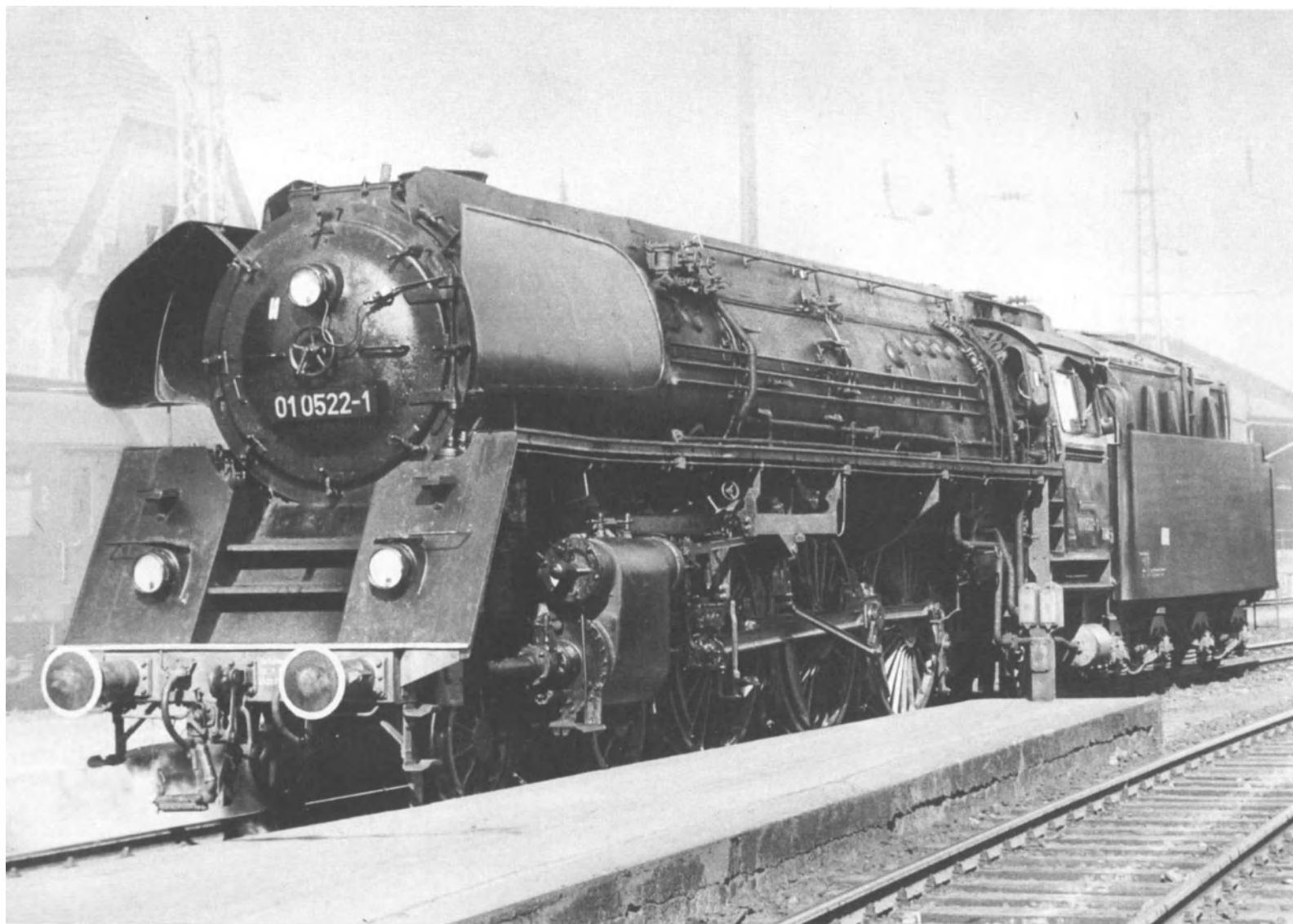
Die 1958 als letzte Dampflokomotivneukonstruktion von Krupp gelieferten Schnellzugmaschinen 10 001 und 10 002 hatten von Anfang an Ölfeuerung, die 001 zunächst Ölzusatzfeuerung, die man später auf Ölhauptfeuerung umbaute, die 002 hatte diese von Anfang an. Im Rahmen einer Rekonstruktion erhielten auch 40 Lokomotiven der Reihe 41, 32 der Reihe 44 und als einziger Vertreter der Reihe 50⁴⁰ die 50 4011 Ölhauptfeuerung.

Ende der 50er Jahre leitete auch die Deutsche Reichsbahn ein Programm zur Umstellung eines Teils ihres Dampflokomotivparkes auf Ölfeuerung ein. Maßgebend dafür war der steigende Anfall von Heizöl bei der Braunkohlenveredlung sowie die als Nebenprodukt der Petrolchemie, deren Versorgung die UdSSR sicherte, anfallenden großen Heizölmengen. Mit steigendem Heizöleinsatz ließ sich die Importsteinkohlenmenge reduzieren; ferner konnten schon frühzeitig die für die Umstellung auf Diesel- und Elektrotraktion vorgesehenen Bw frei von Kohleumschlag und Ausschlackung bleiben.

Ab 1959 standen die ersten Öllokomotiven der Reihe 44 zur Verfügung, die Erprobung der bis Ende 1964 erfaßten 47 Exemplare ergab ausgezeichnete wirtschaftliche und betriebstechnische Ergebnisse; die Ölfeuerung ermöglichte Loklangläufe, die bisher in der Dampftraktion unbekannt waren. So fuhren z. B. die Öllokomotiven des Bw Erfurt P über Jahre hindurch einen Umlauf Erfurt–Saalfeld–Probstzella–Dessau–Berlin–Erfurt, das sind 750 km, ohne Störungen auch im Winter. Die Lokomotiven der Reihe 44 des Bw Halle-G förderten die bis zu 3000 t schweren Ölzüge von Halle nach Schwedt und zurück und erzielten so einen Aktionsradius von 430 km mit einer Tankfüllung. Auf Grund dessen stockte die Deutsche Reichsbahn das Umbauprogramm der Reihe 44 auf insgesamt 94 Maschinen auf. 1964 verließ die 01 519 als erstes Exemplar der Reihe 01 mit Ölfeuerung das RAW Meiningen, weitere 28 folgten bis 1966, die nächste Gruppe bildeten in den Jahren 1965 bis 1967 13 03¹⁰.

Als zweite Güterzuglokomotivbaureihe erhielten zwischen 1965 und 1967 42 Lokomotiven der Reihe 50³⁵ eine Ölfeuerungsanlage. Als einzige Normalspur-Tenderlokomotivbaureihe wählte die Deutsche Reichsbahn die Reihe 95 aus; zwischen 1966 und 1968 stellte sie davon eine große Anzahl um. Besonders bemerkenswert ist die 1979 begonnene Ausrüstung aller 17 Neubaulokomotiven der Reihe 99^{23–24} der Harzquerbahn. Auch zwei Einzelgänger, nämlich die der VES-M Halle gehörende 18 201 und die dort





ebenfalls beheimatete 18 314 liefen ab 1967 bzw. 1968 mit Ölfeuerung.

Im September 1981 erging die Weisung an alle Einsatzstellen, sämtliche Ölokomotiven bis zum Jahreswechsel 1981/82 abzustellen. Diese Maßnahme war als Reaktion auf die Verknappung flüssiger Brennstoffe und deren Preisanstieg zu werten und ermöglichte es, große Mengen des inzwischen wertvoll gewordenen Heizöles einzusparen. Im März und April 1982 kamen noch einmal vereinzelt

Ölokomotiven zum Einsatz, um eingebunkerte Heizölrestbestände aufzubrauchen. (Weitere Ölokomotiven sind auf den Seiten 110 und 111 zu sehen.)

2.3. Verbundlokomotiven

Dampfmaschinen in Verbundanordnung ermöglichten die Verkleinerung zweier Ver-

lustquellen: des Wärmeverlusts durch Kondensation im Zylinder, abhängig vom Temperaturgefälle zwischen ein- und austretendem Dampf, und des Spaltverlustes überall dort, wo zwei Räume verschiedenen Druckes durch gleitende oder umlaufende Teile getrennt waren, wie am Kolben, an den Schiebern und in den Stopfbüchsen. Diese Verluste nahmen mit der Höhe des Temperaturgefälles bzw. des Druckunterschiedes zu. Da bei zweistufiger Dehnung die Unter-



schiede je Zylinder nur halb so groß ausfielen wie bei Zwillings-, Drillings- oder Vierlingsmaschinen, sanken die Dampfverluste dementsprechend. Besonders in der Naßdampfzeit erwiesen sich die Vorteile der

zweistufigen Dehnung, man konnte mit 10 bis 20 % Brennstoff- und Wasserersparnis rechnen, als so beträchtlich, daß der Lokomotivbau an der im ortsfesten und im Schiffbau schon lange bekannten Verbunddampf-

maschine nicht vorbeikam; aber auch nach Einführung des Heißdampfes erlebte das Verbundsystem trotz mancher Widerstände zahlreiche gut gelungene Ausführungen.

2.3.1. Zweizylinder- Verbundlokomotiven

Die Verbundlokomotiven der Eastern Counties Ry.

Obwohl die Pioniere des Verbundverfahrens, die Briten *Stewart*, Besitzer der Blackwall-Eisenwerke, *James Samuel*, Ingenieur der Bahngesellschaft, und *John Nicholson*, Angestellter der Bahn, diesen Begriff nicht gebrauchten, handelte es sich bei den von ihnen 1850 und 1851 patentierten „continuous expansion“-Lokomotiven um Verbundma-

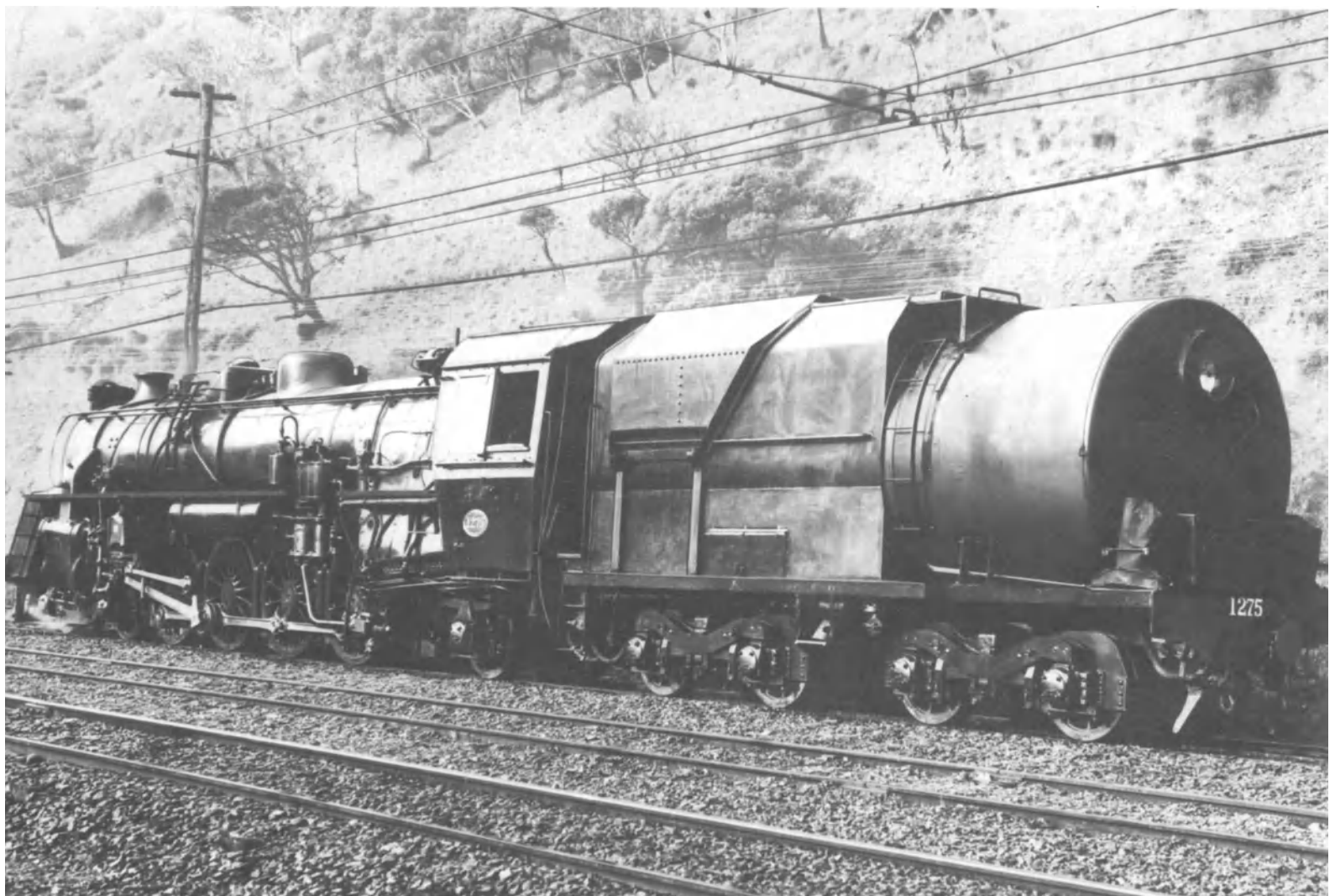
schinen. Die Erprobung erfolgte 1850 an einer 1A1-Reisezug- und einer 1B-Güterzuglokomotive. Schon hier ermöglichte ein manuell zu betätigendes Ventil auch den Betrieb mit Einfachwirkung. Beide Typen hatten einen kombinierten Innen-Außen-Rahmen und ein Innentriebwerk; außen liegende Kuppelstangen trieben die zweite Kuppelachse der 1B.

Nur wenige technische Daten sind bekannt, so die Zylinderdurchmesser von 368 bzw. 495 mm, der Hub von 559 mm, der Kesseldruck von 1,12 MPa (11,2 kp/cm²) und der Kuppelraddurchmesser von 1829 mm. Erpro-

bungsergebnisse existieren nicht; vorerst fanden die beiden Exemplare weltweit keine Nachfolger.

Die Verbundlokomotiven der Bayonne–Biarritzer Bahn

Anatole Mallet, dem bekannten Schweizer Ingenieur, gelang es 1876, die erste betriebs-taugliche Zweizylinder-Verbundlokomotive zu entwerfen und bei Schneider Creusot bauen zu lassen. Es handelte sich dabei um drei regelspurige B1-Tenderlokomotiven für die am 2. 6. 1877 eröffnete Bayonne–Biarritzer Bahn. Die Anfahrtsschwierigkeiten bewäl-



tigte Mallet durch ein Wechselventil, das dem Lokomotivführer erlaubte, je nach Einstellung in Zwillings- oder Verbundwirkung zu fahren.

Obwohl die drei Erstlinge mit ihrem Außentriebwerk und dem Innenrahmen keine konstruktiven Besonderheiten boten, sollen wegen ihrer großen Bedeutung doch die technischen Daten genannt sein: Zylinderdurchmesser 240/400 mm, Hub 450 mm, Kuppelraddurchmesser 1200 mm, Achsstand 2,69 m, Kesseldruck 1 MPa (10 kp/cm²), Rostfläche 1 m², Heizfläche 45 m², Dienstmasse 19,56 t, Reibungsmasse 15 t, Höchstgeschwindigkeit 40 km/h.

1876 folgten den B1 zwei C-Tenderlokomotiven mit vergrößerten Abmessungen, aber in gleicher Ausführung. Die Maschinen bewährten sich gut, und die Kohleersparnis gegenüber gleich starken Zwillingsen soll bis zu 25 % betragen haben.

Die Reihe TO der preußischen Staatsbahn und ihre Nachfolger

Nach einigen Jahren folgten alle größeren Bahnen Europas dem französischen Beispiel. In Deutschland setzte sich damals besonders der Maschinenmeister der Eisenbahndirektion Hannover, *August von Borries*, für das Verbundverfahren ein.

1880 konnte er die beiden ersten deutschen Verbundlokomotiven bei Schichau in Elbing in Auftrag geben. Die 1A-Tendermaschinen der späteren Reihe TO sollten „Omnibus-Züge“ auf verschiedenen Nebenbahnen befördern. Dazu verfügten sie hinter dem Führerstand über einen kleinen Gepäckraum und einen Übergang zu den Wagen. Borries entwickelte ein automatisches Anfahrventil, da er dem Personal nicht die Entscheidung darüber überlassen wollte, ob es in Zwillings- oder Verbundwirkung fährt. Die Zylinder von 200 bzw. 300 mm Durchmesser bei 400 mm Hub saßen zwischen den Lauf- und den 1150 mm großen Kuppelrädern, der Achsstand belief sich auf 4 m. Der kleine Kessel für 1,2 MPa (12 kp/cm²) Druck hatte eine Rostfläche von 0,5 m² und 22,8 m² Heizfläche; von 18,2 t Dienstmasse entfielen 9,7 t auf die Kuppelachse.

Es folgten einige weitere 1A- und B-Tenderlokomotiven für die Eisenbahndirektion Bromberg und Hannover, gebaut bei Schi-

chau, und neben C-Güterzugeinheiten auch 1B-Schnellzugmaschinen der Reihe S1 für Hannover.

Alle früheren preußischen Verbundlokomotiven hatten Borriessche Anfahrventile; später ging man aber zu Wechselvorrichtungen nach Mallet über, die sich besser bewährten.

Zwischen 1883 und 1901 wandten sich dann alle deutschen Staatsbahnen der Verbundwirkung zu, vielfach erst einmal zur Erprobung an kleinen Tenderlokomotiven.

Die Reihe P3 der holländischen Staatsbahn

Die bisher betrachteten Zweizylinder-Verbundlokomotiven erzielten das größere Niederdruckzylindervolumen durch eine Vergrößerung des Zylinderdurchmessers. Dasselbe Ziel ließ sich aber auch durch einen langen Hub erreichen, was aber nur einmal durch den Maschinendirektor der holländischen Staatsbahn, *Middelberg*, versucht wurde. Er ließ 1888 vier 1B-Schnellzuglokomotiven als Reihe P3 bei Borsig bauen, die auf der Hochdruckseite einen Zylinderdurchmesser von 456 mm bei 400 mm Hub und auf der Niederdruckseite einen Zylinderdurchmesser von ebenfalls 456 mm bei 800 mm Hub aufwiesen. Dem Prinzip blieb der Erfolg versagt, nach einigen Jahren erfolgte der Umbau in Zwillingsanordnung.

Zweizylinder-Verbundlokomotiven mit Innenzylindern

Sie blieben eine besonders seltene Bauform. Beispiele dafür sind die 2'B-Schnellzuglokomotiven der Reihe A2/4 der Schweizerischen Nordost-Bahn und die 2'C-Schnellzugmaschinen der Reihe 9 der österreichischen Staatsbahn.

Die Grenzen der Zweizylinder-Verbundlokomotive

Die Zunahme des Verkehrs und der Lademasse der Güterwagen führte zur Erhöhung der Maschinenleistung bei Güterzuglokomotiven, teils durch höheren Dampfdruck und teils durch größere Zylinderdurchmesser. Damit näherte man sich dem Grenzwert für die Niederdruckzylinder, die drohten, die Fahrzeugumgrenzung zu überschreiten. Zudem führte die hohe Masse des Nieder-

druckzylinders zu einer ungleichen Verteilung auf die beiden Lokomotivseiten, die schweren Triebwerke verursachten durch ungenügenden Massenausgleich Schwierigkeiten, und bei höheren Geschwindigkeiten versagten Zweizylinder-Verbundlokomotiven schnell, da sich die dabei erforderlichen Ausströmquerschnitte schlecht unterbringen ließen und der Leerlauf nicht befriedigte. So lag es nahe, die Zylinderleistung weiter zu unterteilen.

2.3.2. Dreizylinder-Verbundlokomotiven

Dreizylinder-Verbundlokomotiven führte als erster *Francis William Webb* von der London & North Western R. aus. Seine eigentümlichen Typen sind schon im Kapitel über den Einzelachsantrieb besprochen worden; daneben ließ er aber auch eine Anzahl 2'B-, 2'C- und D-Lokomotiven mit Dreizylinder-Verbundtriebwerk bauen, die sich länger hielten.

Auch in Deutschland sind einige n3v-Maschinen gelaufen, so die württembergischen Reihen E und G und die Wittfeld-Kuhnsche S9. Alle hatten Einachsantrieb und gleich große Zylinder.

Einen Dauererfolg konnten eigentlich nur die 1'C-Lokomotiven der Reihe B3/4 der Jura-Simplon-Bahn und die 2'B der britischen Midland R. verbuchen. Beide bauten die Nachfolgeverwaltungen, die Schweizerischen Bundesbahnen und die London, Midland & Scottish R. weiter, letztere auch als h3v. Die B3/4 mit ihrem Zweiachsantrieb, von 1896 bis 1907 beschafft, blieb mit 147 Exemplaren die der Zahl nach stärkste Reihe der SBB. Die letzten Maschinen musterte man in der Schweiz erst 1938 und in den Niederlanden, die einige gekauft hatten, erst 1949 aus.

Vom britischen Muster mit Einachsantrieb verließen zwischen 1902 und 1909 45 Stück die Bahnwerkstatt Derby; zwischen 1913 und 1928 erhielten alle Überhitzer. Nach 1923 zur Einheitsbauart erklärt, entstanden weitere 185 als h3v. Von den insgesamt 225 Lokomotiven übernahmen die British R. 1948 noch 213, von der die letzten erst 1961 aus dem Dienst schieden. Es war der einzige Ver-

bundtyp, der sich auf Dauer in Großbritannien durchgesetzt hatte.

Erwähnt seien noch vier Einzelgänger: die Hochdrucklokomotive H17 206, die beiden Mitteldrucklokomotiven M17 236 und M17 239 der Deutschen Reichsbahn sowie die 2'D2'-Schnellzuglokomotive 242A1 der französischen Staatsbahn, durch *Chapelon* aus einer 2'D1'-h3 umgebaut.

2.3.3.

Tandem-Verbundlokomotiven

Ausgehend von den von Arthur Woolf entwickelten erfolgreichen Land- und Schiffsdampfmaschinen, gingen Versuche mit vierzylindrigen Tandem-Verbundlokomotiven bis in das Jahr 1868 zurück. Tandemdampfmaschinen hatten hintereinander angeordnete Hoch- und Niederdruckzylinder, die entweder auf einen gemeinsamen Kreuzkopf oder eine durchgehende Kolbenstange wirkten.

Die britischen

Tandem-Verbundlokomotiven

Die erste europäische Tandem-Verbundlokomotive konnte auf eine besonders bewegte Geschichte zurückblicken. 1879 stürzte eine 2'B-n2-Schnellzuglokomotive der North British Rw. mit der Betriebsnummer 224 mit sechs Wagen und 73 Menschen in der stürmischen Nacht des 28. 12. mit der zusammenbrechenden Tay-Brücke in den Firth of Tay. Nach einem Jahr gehoben, baute man sie 1885 in eine Innenzylinder-Tandemverbundmaschine um. Da die Umbaukosten und die Kohleersparnisse die Unterhaltskosten nicht ausglich, erfolgte bald eine Rückänderung in den Ursprungszustand; in dieser Form lief sie bis 1919.

Ihre technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser 330/508 mm, Hub 610 mm, Kuppelraddurchmesser 1981 mm, Rostfläche 1,46 m², Heizfläche 83 m², Dienstmasse mit Tender 60 t, Reibungsmasse 26 t.

Zwei weitere Versuchsausführungen, 1B-Maschinen mit Innentriebwerk, liefen seit 1886 auf den Breitspurstrecken der Great Western Rw. Die große Zahl der Triebwerkschäden machte eine frühzeitige Ausmusterung erforderlich.

Diese drei Lokomotiven blieben die einzigen Tandemverbundmaschinen Großbritanniens

und die einzigen Tandems mit Innentriebwerk überhaupt.

Die französischen

Tandem-Verbundlokomotiven

In Frankreich ließ *Gaston du Bousquet* zwei ältere Vierkupppler der Nordbahn umrüsten. Die Hochdruckkolben wirkten danach in üblicher Weise auf die Kreuzkopfmitte; die Niederdruckkolben hatten zwei Kolbenstangen in der Nähe des höchsten und niedrigsten Punktes des Kolbenumfanges, so daß sie oberhalb und unterhalb am Hochdruckzylinder vorbei am Kreuzkopf angriffen; die Treibstange arbeitete auf die dritte Kuppelachse. Dieses System vermied die schlecht zugänglichen Stopfbuchsen zwischen beiden Zylindern und scheint sich trotz seiner Schwerfälligkeit bewährt zu haben, da weitere Lokomotiven dieser Bauart folgten.

Erwähnenswert sind für Frankreich noch die 2'C-Tandem-Tenderlokomotiven der Pariser Gürtelbahn mit den Betriebsnummern 51 bis 65, gebaut 1902. Sie liefen durchweg im Reisezugdienst und wurden nach ihrer Übernahme durch die Nordbahn im Jahre 1935 ein Jahr später ausgeschieden. Lediglich die Nr. 52, die 1930 einen Umbau in eine 2'C1'-Tenderlokomotive unter Beibehaltung des Tandemtriebwerkes erlebte, fuhr bis in die 50er Jahre hinein.

Die Reihe le der ungarischen Staatsbahn

Als in Ungarn das Verkehrsvolumen immer stärker anwuchs, entstand Bedarf an leistungsfähigen Schnellzuglokomotiven, die schließlich zwischen 1890 und 1903 die Maschinenfabrik der Staatsbahn als 2'B-Typ der Reihe le (später Reihe 222) baute. Da man den damals üblichen Außenrahmen beibehalten wollte, Verbundwirkung wünschte und Kropfachsen nicht in Betracht kamen, gelangte die Tandemanordnung mit durchgehender Kolbenstange zur Ausführung. Schwierigkeiten bereitete zunächst die Wahl der Zylindermaße, schließlich wählte man 1892 endgültig 320/490 mm Durchmesser. Mit dieser Reihe fand die Heusinger-Steuerung übrigens erstmalig Anwendung in Ungarn. Bemerkenswert war auch der Kessel für 1,3 MPa (13 kp/cm²) Dampfdruck, der mit 2,98 m² Rostfläche damals alle anderen 2'B-Lokomotiven Europas übertraf.

Die übrigen technischen Daten lauteten: Hub 650 mm, Kuppelraddurchmesser 2000 mm, Achsstand 6,3 m, Heizfläche 134,9 m², Länge über Puffer 16,642 m, Dienstmasse 54,7 t, Reibungsmasse 28 t, Zugkraft 50 kN (5 t), Höchstgeschwindigkeit 90 km/h, Wasservorrat 17 m³, Kohlevorrat 8,3 t.

1891 ließ die Staatsbahn zwei Vergleichsmuster als Reihe lf mit Zwillingstriebwerk bauen; Versuchsfahrten ergaben 12 % Dampfminderverbrauch der Verbundversion. Mit 93 beschafften le blieb sie die erfolgreichste Tandembauart Europas.

Auch in den USA lief eine Anzahl Tandem-Verbundlokomotiven, die sich aber auf Dauer nicht durchsetzten und deren Verbreitung sich nicht mit dem des Vaclain-Triebwerkes vergleichen ließ.

2.3.4.

Sondermann-Verbundlokomotiven

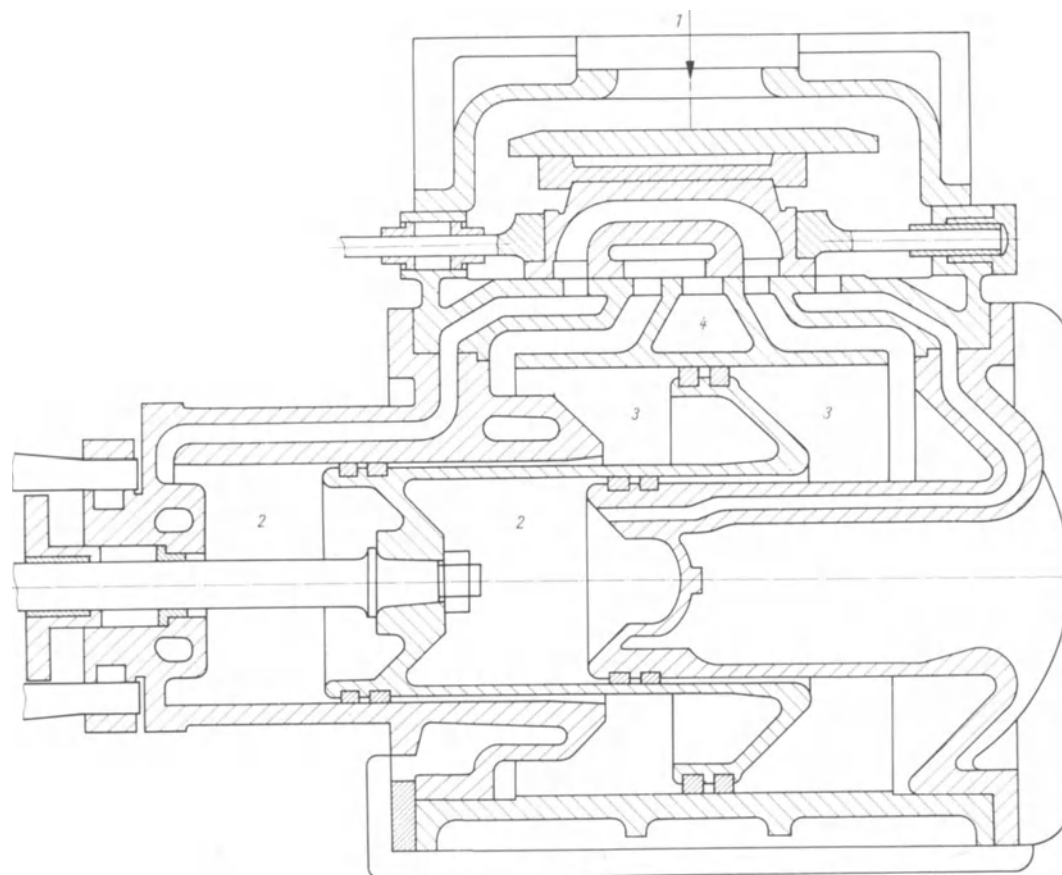
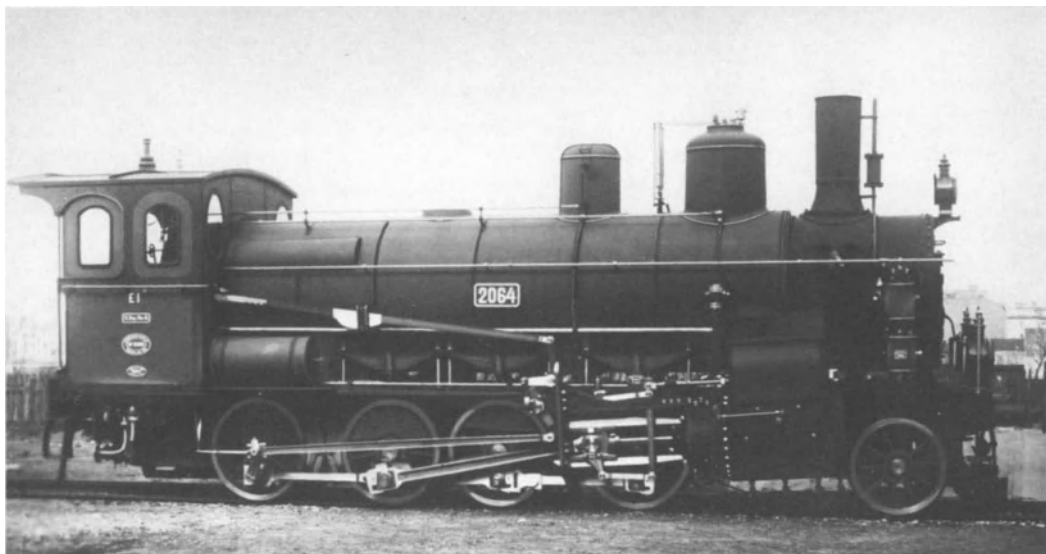
Einzigartig blieb das Verbundtriebwerk der Bauart Sondermann. Ausgehend vom Prinzip des Tandemzylinders, faßte *Sondermann* beide Druckstufen in einer einzigen Baugruppe zusammen. Das Besondere bestand in dem gegossenen zweistufigen Kolben, wobei der Hochdruckkolben als sogenannter Tauchkolben ausgebildet war. Dies bedingte wiederum entsprechend geformte Zylinderdeckel, die ebenso wie der Kolben recht schwierige Gußstücke darstellten. Beide Stufen verfügten über einen gemeinsamen Flachschieber.

1896 beschaffte die bayrische Staatsbahn bei Krauss zwei 1'D-Versuchslokomotiven als Reihe El, Betriebsnummern 2063 und 2064, mit zwischen Lauf- und Kuppelachse angeordnetem Zylinderblock. Die Steuerbewegungen leitete man dabei von der letzten Kuppelachse ab, was eine 3 m lange Schwingenstange bedingte. Zwei weitere Sondermann-Lokomotiven erhielt die Pfalz-bahn, wo sie als G4III mit den Betriebsnummern 200 und 201 und mit den Namen „Hagenbach“ und „Jockgrim“ liefen. Gegenüber den bayrischen Exemplaren fiel der Kessel kleiner aus, und die Steuerung lag teilweise zwischen den Rahmenwangen.

Die Sondermann-Typen galten zunächst als sparsam und leistungsfähig, jedoch führten

Schnitt durch den
Sondermann-Verbundzylinder
der Reihe E1
der bayrischen Staatsbahn.

- 1 Hochdruck-Dampfzuführung;
- 2 Hochdruck-Arbeitsraum;
- 3 Niederdruck-Arbeitsraum;
- 4 Abdampfableitung



die Schwierigkeiten, die zweistufigen Kolben dicht zu halten, dazu, daß beide Bahnen 1899 die Lokomotiven in Zwillinge umwandeln. In dieser Form blieb die E1 noch 20 Jahre erhalten, die G4III gingen 1920 in das Saargebiet, wo sie als Reihe G7³, Betriebsnummern 4401 und 4402, bis etwa 1930 liefen.

2.3.5.

Vauclain-Verbundlokomotiven

Samuel Vauclain, Chefkonstrukteur bei Baldwin, setzte 1889 erstmals Hoch- und Niederdruckzylinder übereinander, wobei beide Kolbenstangen auf einen gemeinsamen Kreuzkopf wirkten. Bei Lokomotiven mit kleinem Kuppelraddurchmesser, in der Regel also Güterzuglokomotiven, saß der Niederdruckzylinder über dem Hochdruckzylinder, um nicht das Fahrzeugumgrenzungsprofil zu überschreiten. Die höhere Zylinderlage bei den großrädigen Schnellzugmaschinen gestattete dagegen die umgekehrte Anordnung.

Erwähnenswert ist weiter, daß beide Zylinder einer Seite nur einen Schieber hatten. Mit dem Vauclain-System vermied man zwar ebenfalls die ungeliebten Kropfachsen, aber die schweren Zylinderpaare beiderseits außen am Rahmen und die Massenkräfte der vier Kolben, der Steuerung und der gewichtigen Kreuzköpfe beeinträchtigten die Laufgüte sehr; ein ausreichender Massenausgleich war nur unter Inkaufnahme unangenehmer dynamischer Achslastschwankungen möglich.

Die Reihen E1 und S2/5 der bayrischen Staatsbahn

In den USA führte sich das Vauclain-Triebwerk sehr gut ein, darüber hinaus fand es nur bei Exportmaschinen Anwendung. Als sich die bayrische Staatsbahn um die Jahrhundertwende selbst von den Vorzügen des USA-Lokomotivbaues überzeugen wollte, kaufte sie 1899 bei Baldwin zwei 1'D-Güterzuglokomotiven als Reihe E1 mit den Betriebsnummern 2085 und 2086 und 1901 zwei 2'B1'-Schnellzuglokomotiven als Reihe S2/5 mit den Betriebsnummern 2398 und 2399. Mit Ausnahme der Kesselblechdicken, der Signalanordnung sowie der Zug- und Stoßvorrichtung, die deutschen Vorschriften ent-

sprachen, waren alle Teile nach amerikanischer Bauweise ausgeführt.

Für die S2/5 sind folgende technische Daten bekannt: Zylinderdurchmesser 330/559 mm, Hub 660 mm, Kuppelraddurchmesser 1816 mm, Achsstand 7,747 m, Dampfdruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 2,8 m², Heizfläche 185,7 m², Länge über Puffer 18,726 m, Dienstmasse 63,5 t, Reibungsmasse 32 t, Zugkraft 79,5 kN (7,95 t), Höchstgeschwindigkeit 100 km/h, Wasservorrat 20,8 m³, Kohlevorrat 7 t.

Für die El lauteten die technischen Daten: Zylinderdurchmesser 356/610 mm, Hub 660 mm, Kuppelraddurchmesser 1270 mm, Achsstand 6,604 m, Dampfdruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 3,08 m², Heizfläche 177,5 m², Länge über Puffer 18,501 m, Dienstmasse 62,6 t, Reibungsmasse 54,4 t.

Beide Reihen entsprachen im Einsatz nicht den gestellten Forderungen, da die Stahlfeuerbüchsen solchen aus Kupfer weichen mußten und verschiedene Ausrüstungsteile Mängel aufwiesen. Trotzdem bescherten diese Lokomotiven dem deutschen Lokomotivbau eine wichtige Baugruppe, den Barrenrahmen.

2.3.6.

Vierzylinder-Verbundlokomotiven

Als weitaus wichtigste und erfolgreichste Form der Verbundlokomotive muß die Vierzylinderbauart mit voneinander getrennten Zylindern mit Ein- und Zweiachs Antrieb gelten. Sie glänzten insbesondere durch vorzüglichen Massenausgleich – wichtig für Schnellzuglokomotiven –, scheiterten aber oft an den schwierig herzustellenden und bruchempfindlichen Kropfachsen. Außerdem ließ sich das Innentriebwerk wegen der schlechten Zugänglichkeit nur schwer warten.

Die Vierzylinder-Verbundlokomotive der Western Indian Government Rw.

Die erste Vierzylinder-Verbundlokomotive lief im damaligen Britisch-Indien. *Charles Sandiford*, der Lokomotiv-Superintendent der Western Indian Government Rw., ließ 1884 eine vorhandene breitspurige 1B-n2 in

eine n4v umbauen, indem er die vorhandenen Innenzylinder durch Niederdruckzylinder von 432 mm Durchmesser ersetzte und zwei Hochdruckzylinder von 298 mm Durchmesser außen zufügte; der Hub ist mit 610 mm, der Kuppelraddurchmesser mit 1525 mm und der Kesseldruck mit 0,85 MPa (8,5 kp/cm²) überliefert. Die Kohleersparnis betrug 13,5 %.

Die Bauart de Glehn

Alfred de Glehns einzelachsgetriebene 1'Bo-n4v-Maschinen lernten wir schon im entsprechenden Kapitel kennen. Nach drei Betriebsjahren gelangten sie 1889 zur Weltausstellung nach Paris, auf der auch *Adolf Henry*, der Maschinendirektor der französischen PLM, zwei n4v-Lokomotiven vorstellte, eine 1'B1' als Reihe C1/2 und eine D mit der Betriebsnummer 4301, beide mit Zweiachs Antrieb und gekuppelten Radsätzen.

Für die C1/2 galten folgende technische Daten: Zylinderdurchmesser 310/500 mm, Hub 620 mm, Kuppelraddurchmesser 2000 mm, Dampfdruck 1,5 MPa (15 kp/cm²), Rostfläche 2,34 m², Heizfläche 119,5 m², Dienstmasse 54 t, Reibungsmasse 29,5 t, Höchstgeschwindigkeit 100 km/h.

De Glehn folgte aber nur zögernd Henrys Beispiel, und erst 1891 erschienen die beiden ersten 2'B-n4v-Lokomotiven mit den Betriebsnummern 2121 und 2122 der Bauart de Glehn auf der Nordbahn. De Glehns System war gekennzeichnet durch den Zweiachs Antrieb, wobei die Hochdruckzylinder außen am Rahmen an einer starken Querversteifung zwischen Drehgestell und erster Kuppelachse lagen und die zweite trieben; die inneren Niederdruckzylinder rückten unter die Rauchkammer und arbeiteten auf die erste Kuppelachse. De Glehn wählte also die wärmetechnisch günstigste Bauart, ist doch gerade die Abkühlung des Dampfes an den Wänden der Niederdruckzylinder ein Sorgenkind bei den Vierzylinder-Verbundlokomotiven. Die Triebwerke hatten getrennte Heusinger-Steuerungen, die sich gemeinsam oder einzeln verstellen ließen; das gegenläufige Triebwerk garantierte ruhigen Lauf. Noch war bei einer der beiden Lokomotiven auch ungekuppelter Betrieb mög-

lich, und erst die Lieferung von der 2123 an bildete die spätere Normalform.

Schon 1894 lieferte Grafenstaden nach dem Vorbild der französischen Nordbahn eine 2'B-Versuchsausführung an Preußen, später als S5 eingereiht, und eine 2'C an Baden, letztere als erste 2'C-de-Glehn-Lokomotive überhaupt. Obwohl ab 1903 weitere De-Glehn-Verbundmaschinen in den Verkehr kamen und bis etwa 1906 in den Beschaffungsprogrammen blieben, waren sie in Deutschland Fremdlinge. Erst als man 1911 mit der preußischen S10¹ und 1918 mit der badi-schen IVh nochmals zum De-Glehn-Triebwerk griff, stellte sich der Erfolg ein.

Die Bauart Borries

August von Borries schuf inzwischen eine einfachere Form der n4v, indem er alle vier Zylinder nebeneinander unter und neben die Rauchkammer verlegte und die vier Triebwerke auf die erste Kuppelachse arbeiten ließ. Damit konnte er die Rahmenversteifung zwischen den Hochdruckzylindern sparen und vereinfachte den Massenausgleich, der jetzt nicht mehr über die Kuppelstangen lief; zudem blieben die Ausströmlösungen erfreulich kurz. Wegen Raummangels mußten allerdings die Niederdruckzylinder nach außen rücken, das Triebwerk lief aber ebenfalls gegenläufig. Neu war auch die Steuerung, von der inneren Heusinger-Steuerung leitete eine Umkehrwelle die Steuerung für die Außenzylinder ab. Der wunde Punkt des Borriesschen Systems blieb die erste Kuppelachse. Bei Einlauf in die Krümmung mußte diese trotz führenden Drehgestells oder Laufachse einen verhältnismäßig großen Anlaufdruck aufnehmen, der nun auf die besonders empfindliche doppelte Kropfachse traf, was dann auch oft zum Bruch führte. Später wählte man vielfach die Mittelachse als Treibachse, mußte dann aber die inneren Treibstangen über die erste Kuppelachse führen und die Innenzylinder schräg legen, eine Lösung, die sich ebenfalls bewährte.

Borries erstes Baumuster, eine 2'B, ging 1900 als Reihe S5¹ in den preußischen Lokomotivpark über. Zur weiteren Entwicklung in Deutschland liegt schon so viel Material vor, daß sich hier weitere Ausführungen erübrigen.

Die Reihe 141P der französischen Staatsbahn

In Frankreich erlebte die h4v eine Blütezeit, die bis in die 60er Jahre andauerte. Besonders *André Chapelon* von der Paris-Orleans-Bahn holte durch erhöhten Kesseldruck, gestiegene Überhitzung, verringerte Drosselverluste und verbesserte Saugzuganlagen bisher für unmöglich gehaltene Leistungen aus seinen Maschinen heraus. Die anderen französischen Bahnen übernahmen Chapelon's Baugrundsätze und erzielten damit ähnliche Erfolge, teils durch Umbau, teils bei Neufertigung.

Chapelon entwarf als letzte in größeren Stückzahlen zwischen 1942 und 1948 gebaute Maschinen den 1'D1'-Typ 141P1 bis 141P318. Sie galten eigentlich als Mehrzweckmaschinen, standen aber auf dem ganzen französischen Netz vorwiegend im Schnellzugdienst, für den sie mit ihren 1650 mm großen Kuppelrädern und dem ausgeglichenen Triebwerk im Hügel- und Bergland bestens geeignet waren. Mit 3165 kW_i (4300 PS_i) übertrafen sie die schweren amerikanischen 141R mit gleich großen Kuppelrädern und Zwillingstriebwerk; den 141P waren diese zudem in der Höchstgeschwindigkeit und in der Laufgüte unterlegen.

Die technischen Daten der 141P lauteten: Zylinderdurchmesser 410/640 mm, Hub 700 mm, Kesseldruck 2 MPa (20 kp/cm²), Rostfläche 4,3 m², Heizfläche 202 m², Überhitzerfläche 87 m², Dienstmasse mit Tender 196 t, Reibungsmasse 75,5 t, Höchstgeschwindigkeit 105 km/h.

2.3.7. Dreifachexpansions- Verbundlokomotiven

Lokomotiven mit dreifacher Expansion kamen kaum zur Anwendung. 1889 baute *Webb* eine seiner 1'Bo-n3v-Maschinen für „durchlaufende Expansion“ um. Bei 610 mm Hub betrug der Zylinderdurchmesser 355 mm, 355 mm und 508 mm. Da damit das Zylindervolumen der Hoch- und Mitteldruckstufe gleich war, konnte die Maschine nicht korrekt arbeiten; der Mitteldruckzylinder vermochte den Abdampf des Hochdruckzylinders

gar nicht aufzunehmen. Daran scheiterte sie und wurde bald in den Ursprungszustand zurückversetzt.

Eine zweite Lokomotive mit dreifacher Expansion, eine 1B-n3v-Schnellzugmaschine, lief ab 1893 auf der Indian Northwestern Government R.w. Die Zylinderdurchmesser sollen 335 mm, 510 mm und 710 mm gewesen sein; weitere Angaben sind dem Autor nicht bekannt.

Die dritte Lokomotive, ein Fahrzeug der Delaware & Hudson RR, wird im Kapitel Hochdrucklokomotiven noch besprochen.

2.4. Lokomotiven mit Gleichstromdampfmaschinen

Im Lokomotivdampfzylinder üblicher Bauart strömte Dampf am Zylinderende ein, folgte der Kolbenbewegung, kehrte am Ende des Kolbenhubes um und trat an derselben Seite, an der auch der Dampfeinlaß erfolgte, wieder aus. Die während der Einströmung erhitzten Zylinderflächen, der Kolben und die Dampfkanäle wurden während des Auschubes des entspannten und damit abgekühlten Dampfes selbst stark abgekühlt. Bei der nächsten Füllung schlug sich der Frischdampf dann an diesen relativ niedrig temperierten Flächen teilweise nieder; das bedeutete Dampfverlust bis zu 15 %.

Bei der Gleichstromdampfmaschine befand sich der Dampfeinlaß zwar ebenfalls am Zylinderkopf, nach beendeter Expansion verließ der Dampf den Zylinder aber durch in der Mitte angebrachte und vom Kolben gesteuerte Auslaßschlitze. Da der Dampf in „gleichem Strome“ durch die Zylinder floß und nirgends auf Flächen traf, die wesentlich kühler als der Dampf waren, entfielen Abkühlungsverluste. Zumindest theoretisch ergab das einen geringeren Dampfverbrauch und damit einen besseren Wirkungsgrad. Heißdampf erwies sich allerdings als ziemlich unempfindlich gegen Abkühlungsverluste; der Erfolg der Gleichstromdampfmaschine konnte hier nur bescheiden sein.

Baulich unterschieden sich beide Bauformen wesentlich. Der Kolben der Gleichstromdampfmaschine erhielt eine Länge von 90 % des Hubes, was entsprechend lange Zylinder bedingte. Aus dem Aufbau der Maschine ergab sich auch eine konstante Verdichtung des nach Hubende im Zylinder verbleibenden Restdampfes von 90 %. Der daraus resultierende Verlust an wirksamer Kolbenkraft erforderte besondere Maßnahmen, damit der Verdichtungsenddruck nicht über den Dampfdruck stieg.

Charakteristisch für die ersten Gleichstromdampfmaschinen war ihr überaus heftiger Auspuff infolge des plötzlich frei werdenden großen Ausströmquerschnittes. Eine Erweiterung der Ausströmröhre und des Blasrohres sowie die Verwendung runder oder rhombischer Ausströmlöcher anstelle der üblichen viereckigen hatte keinen Erfolg; die Zwischenschaltung eines Windkessels bewährte sich bei den Lokomotiven der Strecke Moskau–Kasan dagegen recht gut. Eine wesentliche Verbesserung erbrachte der Stumpfsche Saugauspuff, erstmals 1920 an einer G10 der preußischen Staatsbahn erprobt. Dieses im Entwurf und in der Abstimmung schwer zu handhabende System ermöglichte durch das Vorschalten einer Saugzuganlage vor das Blasrohr, daß sich die Zylinder gegenseitig den Verdichtungsdruck um so mehr herabzogen, je größer der Enddruck des expandierten Dampfes wurde.

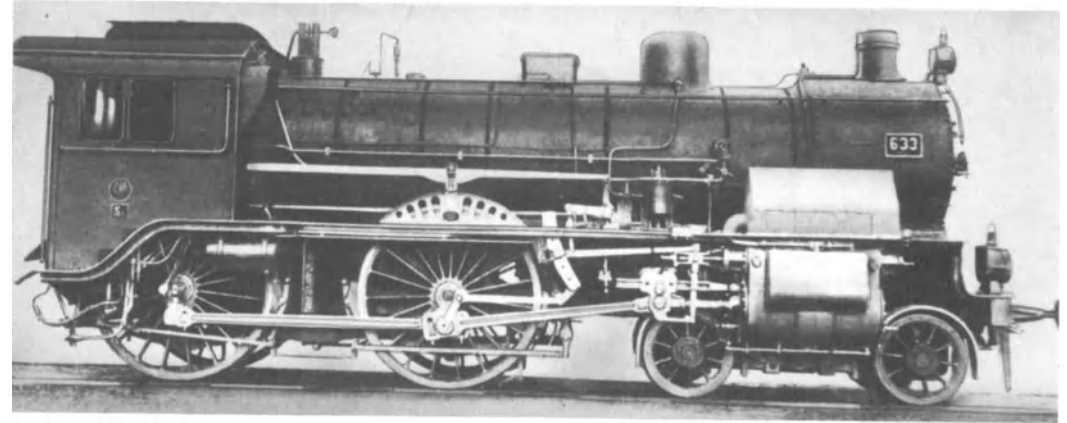
Im praktischen Einsatz von Gleichstromdampflokomotiven stellten sich zahlreiche Nachteile heraus. So befriedigte der Dampfverbrauch nur bei kleinen Füllungen, mit deren Zunahme stieg er stark an. Bei der Gleichstromdampfmaschine blieb nämlich der Leistungsverlust durch die Verdichtung bei allen Füllungen stets gleich, während sich bei der Wechselstromdampfmaschine infolge der Arbeitsweise der Steuerung der Verdichtungsbeginn mit zunehmender Füllung immer weiter hinausschob, so daß der Leistungsverlust durch die Verdichtungsarbeit rasch abnahm. Der große schädliche Raum, darunter ist das Volumen zwischen Kolbenfläche und Zylinderdeckel zu verstehen, den die Gleichstromdampfmaschine haben muß, um die Verdichtung in Grenzen zu halten, führte durch geringere Expansion

ebenfalls zu Dampfmeerverbrauch. Hohe Verdichtung und mangelnde Expansion erforderten zwangsläufig größere Zylinder; dies und die im Prinzip begründete Kolbenlänge bedingten schwere Triebwerke mit all ihren Nachteilen. Selbst da, wo infolge günstiger Bedingungen aus Versuchsfahrten Dampfersparnis resultierte, führte der stoßweise Auspuff zu schlechtem Kesselwirkungsgrad und damit zu hohem Kohleverbrauch.

Auch konstruktiv befriedigten Gleichstromdampfmaschinen im Lokomotivbetrieb nicht. Durch die nur der neuen Bauform eigenen Temperaturverhältnisse traten erhebliche, schnell zu Rissen führende Spannungen in den Zylindern auf. Auch der vielfach zur Masseinsparung angewendete Tragkolben ohne vordere Kolbenstange hat sich nicht bewährt; er neigte trotz bester Schmierung zum Fressen. Bleibt zum Abschluß noch zu erwähnen, daß aus der hohen Verdichtung ein schwerfälliges Anziehen resultierte; Gleichstromdampflokomotiven kamen deshalb nur für den Streckendienst in Frage.

Ausgeführte Gleichstromdampflokomotiven bis zum Jahre 1923

Gleichstromdampflokomotiven entstanden erstmals gegen Ende des vorigen Jahrhunderts in den USA. Über diese Maschinen ist kaum etwas bekannt, ihr Einfluß auf die wei-



tere Entwicklung in Europa muß unwesentlich gewesen sein.

Der geistige Vater aller folgenden Gleichstromdampfmaschinen, Professor *Johannes Stumpf*, erdachte diese Bauart neu und versuchte mit viel Zähigkeit, seine Maschine in den deutschen Lokomotivbau einzuführen, jedoch zunächst ohne Erfolg. Die erste Anwendung verdankte er vielmehr dem Direktor der Moskau-Kasaner Eisenbahn, *Nolte*, der ein Versuchsmuster bei der Lokomotivfabrik Kolomna bestellte. Dieser D-Typ erhielt Zylinder von 575 mm Durchmesser bei 650 mm Hub, deren schädlicher Raum nur 5 % betrug und die zur Ermäßigung der Verdichtung einen Hilfsauslaßkolbenschieber erhielten. Dieser verursachte einen gro-

ßen Dampfverbrauch und entfiel bald durch Umbau; die Kolbenböden bekamen als Ausgleich eine Wölbung, wodurch sich der schädliche Raum auf 17 % vergrößerte. In dieser Form erschienen dann auch alle folgenden Lokomotiven bis auf die preußische G10 und die Nydquist & Holm-Maschinen. Um 1910 fürchtete man besonders bei Kleinbahnen noch sehr die Schwierigkeiten des Heißdampfes, so daß Kolomna insgesamt 15 Naßdampfmaschinen auslieferte. Hier traten die Vorteile des Gleichstromsystems eher hervor, auch gab es niemals Kolbenschwierigkeiten.

Neben Kolomna bauten bis 1923 auch die Werke Vulcan, Winterthur, Linke Hoffman, Orenstein & Koppel, Borsig und Nydquist &



Holm Versuchlokomotiven, die auf der preußischen Staatsbahn, den Schweizerischen Bundesbahnen, der französischen Nordbahn und der englischen Nordostbahn sowie auf der Ruppiner Kleinbahn liefen.

Bei den Lokomotiven der preußischen Staatsbahn handelte es sich um den Umbau zweier G8 im Jahre 1908, gefolgt von fünf G8 im Jahre 1911, einer S6 im Jahre 1911, zwei S6 im Jahre 1913, drei S10² im gleichen Jahre und einer G10 im Jahre 1920. Wie schon erwähnt, befriedigten sie nicht; das gleiche gilt für die 1'B-Tenderlokomotive der Ruppiner Kleinbahn und für die Stumpf-Lokomotiven der anderen Bahnverwaltungen. Nur die 1923 in zwei Exemplaren von Nydquist & Holm für die sowjetische Staatsbahn konstruierten E-Maschinen entsprachen gut allen Anforderungen. Dank dem hier angewendeten und auch im Entwurf geglückten Saugauspuff verbrauchten sie bei allen Füllungen nur wenig Dampf; durch Erhöhung der Vorausströmung und Verringerung der Kompression blieben Kolben und Zylinder relativ leicht, der Auspuff war sanft und der Lauf angenehm weich. Diese Bauart wäre wohl eine Weiterentwicklung wert gewesen.

Die 24 070 der Deutschen Reichsbahn

25 Jahre nach der Entstehung der ersten Gleichstromdampflokomotive versuchte die Deutsche Reichsbahn diese Bauart neu. Im Rahmen ihres Versuchsprogramms mit 2,5 MPa (25 kp/cm²) Kesseldruck lieferte Borsig 1932 die 1'C-Personenzuglokomotive 24 070 mit Gleichstromzylindern der Bauart Wagner. Diese hatten gewöhnliche kurze Kolben und erstmals veränderliche Kompression, um so das Gleichstromverfahren dem großen Drehzahlbereich einer Lokomotivdampfmaschine besser anpassen zu können. Bemerkenswert waren auch die kleinen Füllungen; sie betrugen 15 % bei 60 km/h, normalerweise aber nur 5 bis 8 %. Auf Versuchsfahrten entpuppte sich die 24 070 leider als Fehlschlag; sie verbrauchte 10 % Dampf mehr als die Regelausführung; als Ursache nahm die Deutsche Reichsbahn einen schlechten mechanischen Wirkungsgrad und unvollständige Expansion an. Trotzdem blieb sie, da sie an sich durchaus betriebsfähig war, zunächst beim Bw Treysa im norma-

len Betriebsdienst; 1935 erfolgte dann ihr Umbau in eine h2v-Maschine.

Ergänzend seien hier noch die Schweizer 1'C1'-Hochdrucklokomotive Eb3/5 aus dem Jahre 1928, die 1943 gebaute 2'Co2'-Hochdrucklokomotive und die 2'B1'-DABEG-Dampfmotorlok 221-TQ-1 der französischen Staatsbahn erwähnt, die alle schnellaufende Gleichstromdampfmaschinen als Triebquelle hatten. Näheres dazu ist den entsprechenden Kapiteln zu entnehmen.

2.5. Lokomotiven mit Ventilsteuerungen

Normale Schiebersteuerungen öffneten die Dampfeinlaß- und -auslaßkanäle der Dampfmaschine nicht plötzlich, sondern nur allmählich. Infolge der dadurch, besonders bei schneller Fahrt, auftretenden Drosselverluste verringerte sich mit zunehmender Geschwindigkeit das Leistungsvermögen.

Der Vorteil der Ventilsteuerungen lag nun darin, daß die einzelnen Ventile nur eine kleine Masse hatten und sich in kurzer Zeit so weit öffnen ließen, daß dem Dampf sofort ein großer Ein- und Ausströmquerschnitt zur Verfügung stand. Zudem arbeiteten sie auch bei hohen Dampftemperaturen einwandfrei und benötigten kein so hochwertiges Heißdampföl wie Schiebersteuerungen; der oft hervorgehobene sehr niedrige Schmierölverbrauch sollte sich im Praxiseinsatz aber nicht bestätigen. Nachteilig war die große Empfindlichkeit gegenüber Formänderungen, die zu Steuerfehlern und mangelhaftem Ventilsitz führen konnten und dann hohen Dampfverbrauch verursachten.

Die Lentz-Ventilsteuerung

Bekannteste und vor allem in Deutschland angewendete Bauart war die nach ihrem Erfinder *Hugo Lentz* benannte Lentz-Ventilsteuerung, die besonders die Firma Hanomag pflegte. Vier senkrecht stehende, durch Federn auf ihren Sitz gedrückte Doppelsitzventile steuerten bei ihr den Dampfeinlaß und -auslaß. Eine Nockenstange mit eingearbeiteter Hubkurve hob bei Längsverschiebung die Ventile über Ventilspindeln mit

Druckrollen an. Um den Verschleiß zu verringern, waren Nockenstangen und Druckrollen gehärtet und arbeiteten zudem in einem völlig abgedichteten Kasten.

Nachdem sich solche Ventilsteuerungen schon an ortsfesten Dampfmaschinen bewährt hatten, schien auch eine Nutzung für den Lokomotivbau angebracht. Als erstes Versuchsobjekt diente eine kleine B1'-Schmalspur-Tenderlokomotive, die die Hanomag 1905 an die Ilseder Hütte lieferte. Von den großen Bahnverwaltungen zeigte zunächst nur die preußische Staatsbahn Interesse. Sie rüstete 1906 zwei S7, 1907/08 zwei G8 und zehn P6 und 1910 nochmals zehn G8 mit Lentz-Ventilsteuerung aus, mußte aber erleben, daß diese Maschinen keinerlei Vorteile gegenüber den Regellokomotiven boten.

Ab 1909 führte die oldenburgische Staatsbahn die Lentz-Ventilsteuerung in größerem Umfang bei ihren Güter- und Reisezuglokomotiven ein; als bekanntestes Beispiel gilt die nicht recht gelungene, 1917 in drei Exemplaren von der Hanomag übernommene, oldenburgische S10, deren Mißerfolg aber nicht auf der Ventilsteuerung beruhte.

Lentz entwickelte seine Steuerung ständig weiter und bot nach dem ersten Weltkrieg eine Ausführung mit liegenden Ventilen und quer eingebauter Nockenwelle an; über einen Schwinghebel bewirkte die hin- und hergehende Schieberstange deren Winkelausschläge in beide Drehrichtungen. Trotz des Mißerfolges mit der ersten Bauform der Lentz-Ventilsteuerung entschloß sich die preußische Staatsbahn zu einer Erprobung; die ab 1919 damit laufenden sechs G9¹ befriedigten aber wegen hoher Unterhaltskosten und durch Unwirtschaftlichkeit nicht.

Bei der Österreichischen Bundesbahn erhielt ab 1920 eine große Anzahl von Lokomotiven eine von dieser Bahnverwaltung entwickelte besondere Spielart der Lentz-Ventilsteuerung. Sie hatte ebenfalls eine querliegende Nockenwelle und liegende Ventile, doch sorgten zwischen Nocken und Ventilspindel gelagerte einarmige Hebel dafür, daß bei kleinen Füllungen, bei denen die Winkelausschläge der Nocken nur gering blieben, der Ventilhub um das 1,5fache anwuchs.

Die modernste Ausführung der Lentz-Ventil-

steuerung wies je Zylinder zwei liegende Doppelsitzventile für Ein- und Auslaß auf; die Ventilbetätigung übernahmen rotierende Nocken, die ihren Antrieb über ein Kegelradgetriebe von der Treibachse her erhielten. Für jede Füllung existierten gesonderte Nocken, die durch Axialverschiebung der Nockenwelle in Eingriff kamen; die Umsteuerung erfolgte sinngemäß.

Ganz im Gegensatz zur Österreichischen Bundesbahn konnte sich die Deutsche Reichsbahn nicht zu einer breiten Anwendung entschließen. Sie rüstete zwar 1930 die 38 2687 und die 38 4010 mit Lentz-, 1932 die 38 2698 mit Caprotti- und 1935 die 03 175 sowie etwas später die 03 207 mit Lentz-Ventilsteuerung aus, machte aber damit keine guten Erfahrungen.

Anfängliche Dampfersparnis verwandelte sich bei längerem Einsatz schnell in einen erheblichen Mehrverbrauch; auch Versuche mit der als besonders günstig angesehenen österreichischen Bauart ergaben einen um etwa 10 % höheren Dampfverbrauch. Als noch schwerwiegender galt die mangelnde Betriebssicherheit und überraschenderweise der Ölmehrverbrauch an hochwertigem Heißdampf-Zylinderöl gegenüber Kolbenschiebersteuerungen. Einen letzten Versuch unternahm die Deutsche Reichsbahn mit der 52 4912, die die neueste Lentz-Ventilsteuerung erhielt. Ihr Einsatz blieb ohne Auswirkungen auf die ohnehin nur noch kurze Entwicklungszeit der Dampflokomotive in Deutschland.

Die Caprotti-Ventilsteuerung

Zu den bekanntesten ausländischen Bauformen zählte die Caprotti-Ventilsteuerung, die der italienische Ingenieur *Arturo Caprotti* entwickelte und die ab 1920 bei der italienischen Staatsbahn und bei anderen Gesellschaften verwendet wurde. Dazu zählten die Bahnen Österreichs, Indiens, Großbritanniens und Südamerikas. Das Prinzip der Caprotti-Steuerung bestand darin, daß eine rotierende Nockenwelle über verschiedene Nockenscheiben, darauf laufende Rollen und Schwinghebel die Ventile betätigte. Der Nockenwellenantrieb erfolgte in der Regel durch eine Gelenkwelle innerhalb des Rahmens, die über ein Kegelradgetriebe mit einer der Kuppelachsen in Verbindung stand.

Ein zweites Kegelradgetriebe übertrug die Drehbewegung auf die quer über den Zylindern liegenden Nockenwellen. Auch die Caprotti-Steuerung erfuhr im Laufe der Zeit mehrere Verbesserungen, behielt aber ihre Grundform stets bei.

Nur geringe Bedeutung erlangten die Systeme Stumpf, Esslingen, Cossart, Renaud, Rateau-Lentz und Franklin, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll.

2.6. Lokomotiven mit Drehschiebersteuerungen

Drehschieber, die sich an ortsfesten Dampfmaschinen bei niedrigen Dampfdrücken und mäßigen Drehzahlen durchaus bewährt hatten, kamen gelegentlich auch im Lokomotivbau zur Anwendung. Die erste Nutzung fand gegen Ende der 50er Jahre des vorigen Jahrhunderts in den USA durch *Corliss* statt; die damit ausgestattete Lokomotive stand aber nur kurze Zeit in Betrieb. In den 90er Jahren entwarfen *Durant* und *Lencauchez* eine später von *Polonceau* verbesserte Drehschiebersteuerung, die die Paris-Orleans-Bahn bei einigen Schnellzuglokomotiven verwendete. Wegen des komplizierten Aufbaues war die Steuerung aber so teuer in Anschaffung und Unterhaltung, daß sie sich trotz einiger Dampfersparnis nicht behaupten konnte. Um die Jahrhundertwende fanden durch *C. W. Young* in den USA nochmals Versuche auf diesem Gebiet statt, als die Chicago & North Western RR zwei und die Delaware & Hudson River RR probeweise eine Lokomotive damit ausstatteten. Weitere Anwendungsfälle sind nicht bekannt geworden; damit zählte die Drehschiebersteuerung zu den größten Raritäten im Dampflokomotivbau.

2.7. Lokomotiven mit Sonderkesseln

Regelkessel wiesen zwei grundsätzliche Nachteile auf. Zum einen blieb die Herstellung der vielen Anker und der oft in die Tau-

sende gehenden Stehbolzen sowie die Empfindlichkeit gegen schlechtes Speisewasser und mangelnde Pflege stets ein Problem, und zum anderen befriedigte der Wirkungsgrad nicht. Die Frage des vollwertigen bzw. besseren Einsatzes des Regelkessels beschäftigte die Fachleute seit Bestehen des Lokomotivbaues.

Besonders rege waren die Bemühungen zur Verbesserung des hochbeanspruchten Stehkessels. Verschiedene Varianten behielten zwar die Feuerbüchse bei, veränderten aber ihre Ausbildung wesentlich. Eine andere Möglichkeit lag im Ersatz der Feuerbüchsenwände durch dicht aneinandergereihte Rohre. Es existierten aber auch Versuche, das bisherige Kesselprinzip ganz aufzugeben und vollkommen neue Bauformen einzuführen. Allen Bemühungen blieb aber auf Dauer der Erfolg versagt; der Regelkessel überlebte all seine Konkurrenten.

2.7.1. Flaman-Kessel

Flaman, ein leitender Ingenieur der französischen Ostbahn, entwickelte ein Kesselsystem, bei dem die Vergrößerung der Verdampfungsheizfläche im Vordergrund stand. Um dieses Ziel zu erreichen, ordnete er neben dem Regelkessel beidseitig zwei kleinere Zusatzkessel an; alle drei endeten in einer gemeinsamen Rauchkammer. In einer zweiten Variante befand sich ein einzelner Zusatzkessel oberhalb des Langkessels. Als Nachteile besonders der ersten Bauform galten die verwickelte Bauform, das Fehlen eines Umlaufbleches, die eingeschränkte Streckensicht und die schwierige Rostbeschickung.

Die Flaman-Lokomotiven der belgischen Staatsbahn

Flaman gelang es, die belgische Staatsbahn für einen Versuch zu interessieren, und die Firma St. Leonard aus Lüttich baute 1888 als Abart der belgischen Reihe 12, einer 1'B1'-Schleppenderlokomotive mit Innentriebwerk, Außenrahmen und Belpaire-Kessel, zwei Einheiten als Nummer 195 und 200 mit Flaman-Kessel. Dabei wiesen der Hauptkessel 1300 mm Durchmesser, die beiden Seitenkessel 700 mm Durchmesser auf. Bemer-

kenswert waren die Torffeuerung und der ganz ungewöhnliche quadratische Schornstein der Nummer 195. Die Feuerbüchse beanspruchte mit 3,14 m die gesamte Lokomotivbreite.

Für die 195 sind folgende technische Daten bekannt: Zylinderdurchmesser 500 mm, Hub 600 mm, Kuppelraddurchmesser 2100 mm, Achsstand 6,56 m, Kesseldruck 1 MPa (10 kp/cm²), Rostfläche 5 m², Heizfläche 210,7 m², Länge über Puffer 17,04 m, Dienstmasse 58,3 t, Reibungsmasse 30,7 t, Zugkraft 53,6 kN (5,36 t), Höchstgeschwindigkeit 110 km/h, Wasservorrat 14 m³, Torfvorrat 3 t.

Im Vergleich zur Reihe 12 zeigten sich die Flaman-Lokomotiven deutlich überlegen; die 195 wurde jedoch bald infolge Explosion eines der seitlichen Kessel zerstört. Man vermutete Störungen im Wasserumlauf und mangelnden Druckausgleich. Das zweite Exemplar schied 1902 aus.

Die Flaman-Lokomotiven der französischen Ostbahn

Die zweite Variante des Flaman-Kessels fand auf der französischen Ostbahn Verwendung, die um 1890 einige ihrer 2'B-Schnellzugmaschinen entsprechend umrüstete. Sie dienten in der Folge besonders als Vorspann für die Züge Paris–Gotthard.

2.7.2. Kessel mit Wellblechfeuerbüchsen

Wellblechfeuerbüchsen lehnten sich eng an die herkömmlichen Feuerbüchsen an, doch ließ sich die Stehbolzenzahl stark reduzieren. Die Feuerbüchsenwand und die Decke bestanden aus einem einzigen Blech mit eingepreßten Wellen; die beiden Stirnwände wiesen ähnliche Wellen auf. In den Wellentälern saßen die Stehbolzen und Deckenanker, wodurch die Belastung der Stehbolzen in Grenzen und die Nachgiebigkeit der Wände erhalten blieb. Durch die Wellen erhöhte sich auch die Heizfläche nicht unerheblich.

Bekannt ist der Einsatz bei einigen 1'D-Lokomotiven der New York Central, die die Bauform von *Wood* verwendete. Über die be-

triebliche Bewährung liegen dem Autor keine Angaben vor.

2.7.3. Kessel mit Polonceau-Feuerbüchsen

Der Polonceau-Feuerbüchse lagen in der Hauptsache ebenfalls bekannte Formen zugrunde, aber in verbesserter Ausführung. *Polonceau* ersetzte die Feuerbüchsdecke durch U-förmige, aneinandergenietete Bauteile, die keine besondere Verankerung durch Stehbolzen mehr erforderten. Daneben ergab sich bei dieser Bauform eine leichtere Reinigung der Decke und eine Vergrößerung der Heizfläche. Solange die Rostfläche 2 m² nicht überschritt, bewährte sich die Polonceau-Feuerbüchse recht gut, für größere Kessel erwies sie sich aber als unbrauchbar.

Polonceau-Feuerbüchsen wurden mit kupfernen und versuchsweise auch stählernen U-Stücken bei über 200 Lokomotiven der ungarischen Staatsbahn, dort bis in die Zeit des zweiten Weltkrieges, sowie in Österreich und Frankreich verwendet.

2.7.4. Kessel mit Jacobs-Shupert-Feuerbüchsen

Die Feuerbüchsen der Jacobs-Shupert United States Firebox Comp. aus Coatesville, Pennsylvania, USA, enthielten Stehbolzen nur noch zur Versteifung der Rückwand. Die innere und die äußere Feuerbüchswand bestanden aus U-förmigen, zusammengenieteten Blechstreifen, die zwischen ihren Berührungsflächen je ein verbindendes, die Stehbolzen ersetzendes Stahlblech aufnahmen, das zur Erhaltung des Wasserumlaufes Aussparungen hatte.

Als Vorteile dieser Bauart galten die dem Einfluß der Flamme völlig entzogene Lage der Nietnähte, die Vergrößerung der Heizfläche durch die Gestalt der inneren U-Streifen und der besonders in senkrechter Richtung zwischen den Seitenwänden verbesserte Wasserumlauf. Die sehr feste, aber auch schwere Struktur bot zudem eine außergewöhnlich gute Sicherheit gegen Kesselexplosionen. Versuche, die die Atchison, To-

peka & Santa Fe durchführte, ergaben trotz Absinkens des Wasserstandes auf 150 mm unter die Feuerbüchsdecke und darauffolgendes Einspeisen kalten Wassers die völlige Explosionssicherheit der Jacobs-Shupert-Feuerbüchse. Bei ähnlichen Vergleichsversuchen, die 1912 mit einem normalen Kessel in Coatesville stattfanden, bestätigte sich dieses Ergebnis erneut. Neben der hohen Masse war der Wartungsaufwand nicht befriedigend, und die Nietstellen neigten trotz der günstigen Lage zum Lecken.

Die Jacobs-Shupert-Feuerbüchse blieb auf die USA beschränkt; ab 1899 setzte sie besonders die Atchison, Topeka & Santa Fe ein, später nutzten sie auch andere Gesellschaften. Auf Dauer konnte sie sich freilich nicht durchsetzen.

2.7.5. Kessel mit Wellrohrfeuerbüchsen

Kessel mit Wellrohrfeuerbüchsen unterschieden sich von gewöhnlichen Kesseln durch die Nutzung einer großen gewellten Röhre anstelle der üblichen Feuerbüchse; infolge der durch den Kreisquerschnitt bedingten höheren Festigkeit konnten sämtliche Stehbolzen entfallen. Die Vorzüge, wie geringer Preis, Einfachheit, geringe Unterhaltungskosten, Zulässigkeit höherer Dampfspannungen, verloren aber wegen der kleinen erreichbaren Rostlänge bald an Bedeutung; auch die Anzahl der Rohre war beschränkt, und der Wasserumlauf ließ zu wünschen übrig. Beim Einsatz zeigte sich dann auch bald, daß das Wellrohr unter dem Einfluß des Dampfdruckes im oberen Teil allmählich abflachte, so daß es zu einigen Explosionen kam. Im unteren Kesselteil blieb das Wasser relativ kalt und führte dort zu Anfressungen; beim Anheizen hielten die unteren Quernähte zudem nicht dicht.

Die Nutzung der Wellrohrfeuerbüchse bei der preußischen Staatsbahn

Die preußische Staatsbahn befaßte sich schon ab Mitte der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts mit dem Einsatz solcher Kessel. Den Anlaß dazu gab die Firma Schulz & Knaudt aus Essen, die 1878 die Produktion von Wellrohrkesseln der Bauart Fox auf-

nahm. Neben der Feuerbüchse erhielt auch der Hinterkessel Zylinderform, die Stirnwände des Hinterkessels stützten Längsanker ab. Erste Versuche, die gute Ergebnisse zeigten, fanden mit umgebauten älteren C-Tenderlokomotiven statt. Ab 1890 beschaffte Preußen weitere derartige Kessel, bei denen aber nach Vorschlägen des Direktors der Lokomotivfabrik Hohenzollern, *Hugo Lentz*, die beiden vor und hinter dem Speisedom liegenden Kesselschüsse konisch ausfielen; die Längsanker konnten deshalb entfallen. Neben einigen C- und 1B-Maschinen rüstete Hohenzollern auch eine 2'B der Reihe S2 mit der Betriebsnummer 341 damit aus; letztere blieb wegen eines Kesselzerknalls aber nur von Mitte 1892 bis zum Februar 1894 in Dienst. Auch die übrigen Einheiten zeigten starke Deformierungen des Wellrohres und mußten ausscheiden oder

erhielten Regelkessel. Gleiches galt auch für die etwa zeitgleichen Versuche der oldenburgischen Staatsbahn.

Die Reihe 52 der Deutschen Reichsbahn mit Krauss-Wellrohrkessel

Für die Reihe 52 bestellte der Hauptauschuß Schienenfahrzeuge fünf Versuchslokomotiven mit Krauss-Wellrohrkessel bei Krauss-Maffei. Als Besonderheit hatte der Krauss-Wellrohrkessel keinen Dampfdom; ein langes auf dem Kesselscheitel angeordnetes Dampfsammelrohr übernahm dessen Aufgabe.

Die im Oktober 1943 fertiggestellte 52 3620 wurde durch die Versuchsanstalt Grunewald bis zum März 1944 bei München erprobt; die notwendigen Änderungen fanden bei den noch im Bau befindlichen Exemplaren Berücksichtigung. Bis Kriegsende stellte

Krauss-Maffei noch die 52 3621 bis 52 3623 fertig; wegen Kriegsschäden gelangten sie 1946/47 zur Reparatur in das Werk zurück. Bis zum März 1947 waren sie bis auf die 52 3623, die zerlegt wurde, wieder in Betrieb, mußten aber 1948 wegen der bekannten Abplattungen ausscheiden; die Verschrottung begann am 20. 11. 1952.

Lokomotiven mit Wellrohrfeuerbüchsen in Großbritannien

In Europa fand die Wellrohrfeuerbüchse lediglich noch in Großbritannien Anwendung, wo sie die Great Western versuchsweise einfuhrte; bei der London & North Western Rw. sowie der Lancashire & Yorkshire Rw. waren dagegen je über 20 Lokomotiven damit ausgestattet. Auch hier blieb es bei einem nur kurzen Einsatz.



Vanderbilt-Kessel

In den USA entstand mit dem Vanderbilt-Kessel eine dem Lentz-Kessel ganz ähnliche Bauart, nur war das Wellrohr nach dem System Morrison gewellt. Erprobungen ergaben ganz ähnliche Mängel wie in Europa; die Versuchsergebnisse befriedigten so wenig, daß die Vanderbilt-Kessel nur eine Episode blieben.

Erstmals verwendete die New York Central 1899 diese Kesselvariante an einer 2'C-Maschine mit der Betriebsnummer 947, hergestellt in den West-Albany-Werkstätten der Bahngesellschaft, gefolgt von fünf weiteren Exemplaren. 1900 bestellte dann die Union Pacific zwei 1'D-Güterzuglokomotiven bei Baldwin mit Vauclain-Verbundtriebwerk. Auch auf der Baltimore & Ohio RR Comp. und der Illinois-Central R.w. sollen einige Vanderbilt-Kessel Verwendung gefunden haben; sichere Angaben dazu fehlen dem Autor aber.

2.7.6. Kessel mit Wasserrohrfeuerbüchsen

Brotan-Kessel

Den größten Erfolg unter den Kesseln mit Wasserrohrfeuerbüchsen hatte der Brotan-Kessel. Bei ihm bestand die Feuerbüchse aus eng aneinandergesetzten Rohren, die unteren Rohrenden mündeten in einen hohlen Bodenring, die oberen in einen zylindrischen über die ganze Loklänge reichenden Dampfsammler. Bodenring und Dampfsammler hatten eine direkte Verbindung. In einer späteren Ausführung mündete das Dampfsammelrohr in die Langkesselrückwand. Zwischen die Fugen der Rohre gestemmte Asbestschnüre übernahmen die Abdichtung des Feuerraumes; außerdem hemmten außen aufgelegte Asbestdecken und eine Blechverschalung die Wärmeausstrahlung. Die von den Rohren frei gelassenen Räume an der Vorderwand unter dem Langkessel und an der Hinterwand unter der Feuertür füllte feuerfestes Mauerwerk aus. Dem Auswaschen der Rohre diente eine Anzahl von Waschlukten. Als besondere Vor-

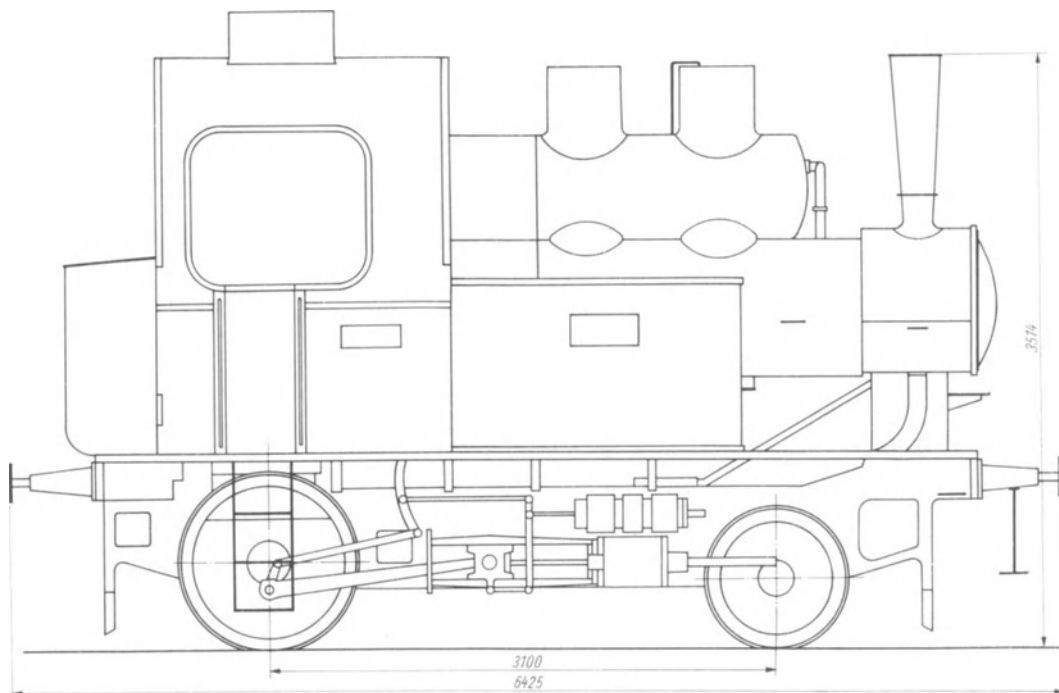
teile des Brotan-Kessels galten die einfache und billige Herstellung, der Ersatz des teuren und gegen schwefelhaltige Kohle anfälligen Kupfers und der bessere Wasserumlauf, der zu raschem Anheizen und guter Dampfentwicklung führte. Schwierig blieb stets das Dichthalten der vielen Rohre.

Die erste Lokomotive mit Wasserrohrfeuerbüchse verließ im Januar 1901 die Werkstatt Gmünd der österreichischen Staatsbahn. *Johan Brotan*, damals Leiter der Werkstatt, ließ eine ältere C-Güterzuglokomotive mit der Betriebsnummer 4754 mit Außenrahmen und Hallschen Kurbeln versuchsweise mit dem von ihm erfundenen Kessel ausrüsten, wobei gleichzeitig der Kesseldruck von 1 MPa (10 kp/cm²) auf 1,2 MPa (12 kp/cm²) stieg. Als erste Brotan-Kessel-Lokomotive entsprach sie der Bauform mit oben liegendem Dampfsammler.

Nach probeweisem Verschiebedienst fuhr sie ab Juni 1901 auf der Strecke Pilsen–Eger Güterzüge, wobei sie sich insbesondere durch die kurze Anheizdauer und die gute Dampfentwicklung sehr bewährte. Nachdem sie bei weiteren Versuchsfahrten Ma-

schinen gleicher Bauart, aber mit Regelkesseln, in der Leistung übertraf, kam sie nach Laibach, damit man dort Erfahrungen mit einer Braunkohlensorte sammelte, die sowohl Kupfer- als auch Stahlfeuerbüchsen in kurzer Zeit zerstörte. Auf Grund günstiger Ergebnisse beschloß man im Februar 1902, weitere Brotan-Kessel zu bauen. Später erhielten auch die 2'B-n2-Schnellzuglokomotiven von Reihe 4 teilweise solche Kessel, und in den Jahren 1906 bis 1908 lieferte die Wiener Lokomotivfabrik 13 D-Güterzugmaschinen der Reihe 174 als Neubau gleich mit Brotan-Kesseln aus.

Zur größten Verbreitung gelangte der Brotan-Kessel indes in Ungarn, wo die Staatsbahn schon sehr früh umfangreiche Versuche durchführte. 1910 baute man einige Dreikuppler der Reihe IIIq (spätere Reihe 325) auf Brotan-Kessel um. Es handelte sich bei ihnen um Mehrzwecklokomotiven für Reise- und Eilgüterzüge mit außen liegendem Zweizylinder-Verbundtriebwerk und Innenrahmen; die Maschinenfabrik der Staatsbahn hatte sie von 1893 bis 1907 geliefert. Abgesehen vom Kessel, boten sie weder in



den Abmessungen noch in der Ausführung Bemerkenswertes.

Zu einer allgemeineren Einführung kam es im Verlauf des ersten Weltkrieges. Als damals der Lokomotivbestand durch Neuanschaffungen dringend Verstärkung erhalten mußte, kam die Bahn infolge Kupfermangels in eine schwierige Situation. Nachdem frühere Versuche mit Stahlfeuerbüchsen normaler Bauart keine befriedigenden Ergebnisse gezeigt hatten, führte die Zwangslage dazu, daß alle während des Krieges entstandenen Lokomotivreihen Brotan-Kessel erhielten. Bis zum Ende des ersten Weltkrieges belief sich ihre Zahl auf 950 Stück, davon waren Ende der 20er Jahre noch 520 vorhanden.

Ab 1915 erhielten die 1'C1'-Lokomotiven der Reihe 324 und die 1'C1'-Tenderlokomotiven der Reihe 376, ab 1916 die 1'C1'-Tenderlokomotiven der Reihe 342 und ab 1917 die 1'D1'-Tenderlokomotiven der Reihe 442 Brotan-Kessel. Erst nach dem Kriege stellte die Staatsbahn die 2'C-Schnellzuglokomotiven der Reihe 328 und die 1'C1'-Nebenbahnlokomotiven der Reihe 375 in Dienst, die noch Brotan-Kessel aufwiesen; aber schon die nächste Nachkriegsreihe, ab 1922 gebaut, hatte wieder Regelkessel. Erinnert sei hier auch an die Mallets der Reihen 401 und 601, die im entsprechenden Kapitel schon eine Würdigung fanden.

Mit den Reihen MI und MII liefen auf Ungarns Strecken die wohl kleinsten Brotan-Kessel-Lokomotiven, die je gebaut wurden. Bei ihnen handelte es sich um Triebwagenersatz-Tenderlokomotiven, bei denen man sich bemühte, sämtliche Möglichkeiten der Massereduzierung bei gleichzeitiger Leistungssteigerung auszunutzen. Die Maschinen der Reihe MI, spätere Reihe 10, hatten die Achsfolge A1, zwischen den Achsen befindliche Zylinder, Verbundtriebwerk, Kolbenschieber und Heusinger-Steuerung sowie Innenrahmen. Zweck der A1-Achsfolge war es, die Reibungsmasse von 12 t auch bei Abnahme der Vorräte beizubehalten. Der mit einem Clench-Dampftrockner ausgestattete Brotan-Kessel wies den höchsten damals in Ungarn angewendeten Dampfdruck auf. Die technischen Daten, soweit bekannt, lauteten: Treibraddurchmesser 1180 mm, Achsstand 3,5 m, Kesseldruck 1,6 MPa

(16 kp/cm²), Rostfläche 0,86 m², Heizfläche 27 m², Zugkraft 19 kN (1,9 t), Wasservorrat 2 m³, Kohlevorrat 0,8 t, Höchstgeschwindigkeit 60 km/h.

Nach Plänen der Maschinenfabrik der Staatsbahn baute die Hauptwerkstatt Nord 1909 zwei Exemplare; sie beförderten in der Ebene 110 t mit 60 km/h.

Aus diesem Typ ging unter Beibehaltung der Hauptabmessungen die Reihe Mla, spätere Reihe 11, mit der Achsfolge 1A hervor. Maße und Leistungen unterschieden sich nur unwesentlich vom Vorgänger; 1910 bis 1913 entstanden in der Maschinenfabrik der Staatsbahn 31 Stück.

Mit der MII, der späteren Reihe 12, unternahm man einen interessanten Versuch, indem man die Zylinder, in denen sich zwei Kolben gegenläufig bewegten, zwischen die beiden Treibradsätze legte.

In den Jahren 1927 bis 1930 erfolgte dann die Modernisierung von neun Maschinen der Reihe 11 unter Beibehaltung des Brotan-Kessels; neu waren der Kleinrohrüberhitzer und das Zwillingstriebwerk.

Außer in Österreich und Ungarn liefen Lokomotiven mit Brotan-Kesseln versuchsweise auch in der Schweiz. 1907 erhielten eine D-Güterzuglokomotive der Reihe D4/4 der Gotthardbahn mit der Betriebsnummer 128 und zwei 2'C-Schnellzuglokomotiven der Reihe A3/5 der Jura-Simplon-Bahn mit den Betriebsnummern 810 und 811 solche Kessel, davon die erstere Reihe einen der alten und die zweite Reihe einen der neuen Bauart. Sie blieben die einzigen ihrer Art in der Schweiz.

Auch Rußland erprobte den Brotan-Kessel; er wurde dort erstmalig 1906 an zwei D-Lokomotiven der Moskau-Kasaner Bahn anläßlich einer Kesselerneuerung verwendet. Da diese während mehrerer Jahre voll befriedigten, bestellte die Bahn 1909 bei Kollomna 15 1'D-Tendermaschinen als Neubau. Wider Erwarten entsprachen diese nicht ganz; neben Undichtheiten an den Verbindungen des Grundrohres entstand starkes Rohrlecken, später traten auch Ausbeulungen und Risse auf. Schließlich sah man sich genötigt, die Brotan-Kessel von den stark beanspruchten 1'D-Lokomotiven zu entfernen und für D-Güterzuglokomotiven mit niedrigerem Dampfdruck zu verwenden.

Hier arbeiteten sie tadellos; trotzdem fand der Brotan-Kessel in Rußland keine weitere Verbreitung mehr.

Wenig bekannt ist, daß während des zweiten Weltkrieges auch zwei Lokomotiven der Reihe 50, die 50 3011 und die 50 3012, hergestellt 1942 in der Wiener Lokomotivfabrik, Brotan-Kessel erhielten. Ausgangspunkt war wieder der Kupfermangel, aber auch der geringere Herstellungsaufwand. Die Kessel wichen nur geringfügig in den Heiz- und Überhitzerflächen von den Regelkesseln ab. Probefahrten ergaben gute Ergebnisse; das Personal lobte vor allem die hervorragende Dampfentwicklung. Nach kurzer Betriebszeit in Wien und Umgebung standen beide 50er längere Zeit beim Bw Köthen in Erprobung. Auch hier bewährten sie sich glänzend. 1949 erhielt die 50 3011 in der BRD bei der Maschinenfabrik Esslingen den Regelkessel der 50 2674, da für den Brotan-Kessel keine Ersatzteile mehr zu haben waren. Gleiches gilt für die 50 3012, die am 10. 7. 1969 ausgemustert wurde.

Von der noch im Kapitel Kriegslokomotiven zu besprechenden Reihe 42 entstanden von den 1150 geplanten Maschinen mit Brotan-Kesseln nur zwei Exemplare, zu denen die Fahrwerke von Henschel und die Kessel von der Wiener Lokomotivfabrik geliefert wurden. Der Brotan-Kessel hatte 2 m Durchmesser und 4,9 m Rohrlänge, im Gegensatz zum Stehbolzenkessel mit 1,9 m Durchmesser und 4,8 m Rohrlänge. Die Knappheit an Rohren verhinderte den Bau weiterer Brotan-42er, die sich sonst gut bewährten. Henschel übergab Ende Juli 1943 die 42 0001 und wenig später die 42 0002; beide gingen zum Bw Bamberg. 1948 erfolgte die Umzeichnung in 42 001 und 42 002; die Ausmusterung kam 1956 bzw. 1953.

Du-Temple-Kessel

Neben dem Brotan-Kessel zählte der ihm weitgehend entsprechende Wasserrohrfeuerbüchskessel der Bauart du Temple zu den ersten seiner Art.

Die Lokomotivfabrik Schneider-Creusot veranlaßte 1906 die französische Nordbahn, versuchsweise einen derartigen Kessel zu erproben.

Aus Massegründen mußte dabei die Schleppachse der ausgewählten 2'B1'-

Schnellzuglokomotive 2641 einem Schleppgestell weichen.

Im umgerüsteten Zustand lauteten die technischen Daten: Zylinderdurchmesser 340/560 mm, Hub 640 mm, Kuppelraddurchmesser 2040 mm, Achsstand 9,96 m, Kesseldruck 1,8 MPa (18 kp/cm²), Rostfläche 3,5 m², Heizfläche 316,6 m², Dienstmasse 77,2 t, Reibungsmasse 34,7 t, Zugkraft 134 kN (13,4 t), Wasservorrat 19,2 m³, Kohlevorrat 6 t.

Wegen der umfangreichen Umbauten stand die Maschine erst ab September 1907 zur Verfügung; bald auftretende Undichtheiten und Risse an der Feuerbüchsenrohrwand zwangen schon 1908 zum Einbau eines Ersatzkessels gleicher Bauart, allerdings diesmal mit Verbrennungskammer. Als 2741 neu eingestellt, erfolgte 1913 nach wenig ermutigenden Versuchsfahrten ein zweiter Umbau, diesmal auf einen Belpaire-Regelkessel mit Rauchröhrenüberhitzer. Das Schleppdrehgestell wich einer dritten Kuppelachse; in dieser Form überlebte sie als 3999 noch die Übernahme durch die Staatsbahn.

Du-Bousquet-Kessel

Der damalige Chefingenieur der französischen Nordbahn, *Gaston du Bousquet*, entwickelte eine eigene, nach ihm benannte Bauart der Wasserrohrfeuerbüchse. Dabei bestand die Feuerbüchse aus zwei Unterkesseln und einem Oberkessel; statt der Seitenwände erstreckte sich ein System von Rohren von den Unterkesseln zum Oberkessel. Dabei verliefen die Rohre so, daß sie den Boden des Oberkessels vor zu starker strahlender Hitze schützten. Gegen das vordere Feuerbüchsende bildeten die Rohre ein Gewölbe; die Feuerbüchsenrückwand bestand aus einer flachen Wasserkammer; an der Vorderwand liefen die Rohre so, daß die Feuergase die Rohrwand schon gut abgekühlt erreichten.

Zwei von du Bousquet entworfene und 1905 gebaute 2'C2'-Schnellzuglokomotiven sollten 400-t-Züge mit 95 km/h auf Steigungen von 0,5 % und dieselbe Masse mit 120 km/h in der Ebene befördern. Eine der beiden Lokomotiven lief mit einem Belpaire-, die andere mit dem Du-Bousquet-Kessel. Bekannt sind die Zylinderdurchmesser des Vierzylinder-Verbundtriebwerkes von 440/640 mm,

der Hub von 620/730 mm, der Kuppelraddurchmesser von 2040 mm, der Gesamtachsstand von 12,6 m, der Dampfdruck von 1,8 MPa (18 kp/cm²), die Rostfläche von 3,54 m², die Heizfläche von 316,5 m², die Überhitzerfläche von 63 m², die Dienstmasse von 113 t, die Reibungsmasse von 54 t und die Zugkraft von 205 kN (20,5 t).

In Betrieb zeigte sich der Kessel zwar als leistungsfähig, eine Reihe baulicher Mängel führte aber nach 67000 km zum Ersatz durch eine verbesserte Ausführung. Damit stand die als 31102 eingereihte Maschine ab September 1909 wieder in Dienst; der Kessel soll sich dabei gut gehalten haben; der frühe Tod du Bousquets verhinderte aber eine eingehende Erprobung.

McClellon-Kessel

Auch verschiedene USA-Bahnen experimentierten lange Zeit mit Wasserrohrfeuerbüchsen, ohne aber dabei zu einem endgültigen Erfolg zu kommen.

Die in etwa 25 Exemplaren ausgeführte McClellon-Feuerbüchse kam erstmals 1916 für die New York, New Haven & Hartford RR Comp. zur Anwendung. Ähnlich dem Brotan-Kessel ausgeführt, hatte sie aber drei anstelle von einem Oberkessel. Obwohl 1924 ein Test die eindeutige Leistungsüberlegenheit gegenüber der Regelbauart dokumentierte, bildete die genietete Konstruktion wegen des dauernden Leckens der Nietstellen doch keine Konkurrenz.

Baldwin-Kessel

1926 lieferte Baldwin als 60000. Maschine eine 2'E1'-Lokomotive mit dem ein Einzelexemplar gebliebenen Baldwin-Kessel aus. Bei ihm bestand die Feuerbüchse aus zwei Obertrommeln, zwei unteren Sammelrohren und bogenförmigen Steigrohren. Baldwin nutzte die höhere Belastbarkeit von Wasserrohrfeuerbüchsen und legte den Dampfdruck auf 2,45 MPa (24,5 kp/cm²) fest. Das bedingte wiederum ein Verbundtriebwerk, hier mit drei aus einem Stück gegossenen Zylindern von einheitlich 686 mm Durchmesser bei 813 mm Hub; der innere Hochdruckzylinder wirkte dabei auf die zweite, die äußeren Niederdruckzylinder auf die dritte Kuppelachse.

Die weiteren technischen Daten lauteten:

Kuppelraddurchmesser 1613 mm, Rostfläche 7,7 m², Heizfläche 482,4 m², Überhitzerfläche 130 m², Dienstmasse 207 t, Reibungsmasse 152,5 t, Zugkraft 360 kN (36 t), Wasservorrat 45,5 m³, Kohlevorrat 14,5 t.

Auf dem Versuchsstand entwickelte die Lokomotive 3312 kW (4500 PS), der niedrigste Dampfverbrauch bei einer Geschwindigkeit von 24 bis 48 km/h lag zwischen 8,83 kg/kWh (6,5 kg/PS_h) und 9,375 kg/kWh (6,9 kg/PS_h), bei USA-Regellokomotiven schwankten diese Werte zwischen 10,5 kg/kWh (7,7 kg/PS_h) und 16,3 kg/kWh (12 kg/PS_h).

Versuchsfahrten auf der Pennsylvania RR Comp. und der Baltimore & Ohio RR Comp. bestätigten diese günstigen Ergebnisse; trotzdem blieb die Maschine ein Einzelgänger, der 1933 einen Platz im Franklin-Institut in Philadelphia fand.

Emerson-Kessel

Colonel *George H. Emerson*, Generalsuperintendent der Baltimore & Ohio RR Comp., schuf eine weitere Variante des Wasserrohrfeuerbüchskessels. Dieser verfügte über eine einzelne Obertrommel und rechts und links von ihr angeordnete und mit ihr verbundene rechteckige Oberrohre. Rechteckige Steigrohre verbanden sie mit den ebenfalls rechteckigen Unterrohren. Über Verschraubungen in den Oberrohren ließen sich Turbofräser zur Rohrreinigung einführen.

1927 erfolgte dann in den Mt. Clare-Bahnwerkstätten die Umrüstung einer Consolidation der Reihe E-27 und einer Mikado der Reihe Q-1 auf den Emerson-Kessel. Beide Reihen boten, abgesehen vom Kessel, nichts Bemerkenswertes; allerdings erreichte die Q-1, nach dem Umbau als Q-1x und einem weiteren Umbau 1939 als Q-1xa bezeichnet, von allen anderen gebauten Emerson-Kessel-Lokomotiven die längste Lebensdauer; erst 1951 erfolgte ihre Verschrottung.

Erstmalig wurde der Emerson-Kessel 1928 für einen Neubau verwendet. In den Mt. Clare-Werkstätten der Baltimore & Ohio RR Comp. entstand im Oktober jenes Jahres eine 2'C1'-Schnellzuglokomotive, genannt „President Cleveland“, als Reihe P-9a mit der Betriebsnummer 5320. Sie zeichnete sich auch durch die Caprotti-Ventilsteuerung

aus, die sich aber nicht bewährte und schon 1929 Kolbenschiebern weichen mußte. Abgesehen vom Kessel, entsprach die 5320 dem durchschnittlichen Standard.

Inzwischen war Emerson so von der Brauchbarkeit seiner Konstruktion überzeugt, daß er glaubte, der Baltimore & Ohio RR Comp. jährlich eine Million Dollar ersparen zu können. Zur Überprüfung orderte die Bahn 1930 bei Baldwin für ihre Strecken mit auf 25 t beschränkter Achsfahrmasse zwei 2'D1'-Maschinen als Reihe T-1, Betriebsnummer 5550, und T-2, Betriebsnummer 5510, sowie zwei (1'C)C1'-Mallets als Reihe KK-1, Betriebsnummer 7400, und Reihe KK-2, Betriebsnummer 7450. Dabei hatten die T-1 und die KK-1 Emerson-, die T-2 und die KK-2 aber Regelkessel. Alle vier Reihen waren soweit wie möglich gleich durchgebildet; bei den beiden Mallets handelte es sich zudem um den sehr seltenen (1'C)C1'-Typ ohne Verbundtriebwerk, aber mit großen Kuppelrädern. 1931 erhielt die KK-1 für den Reisezugdienst anstelle der 1'C-Frontmaschinengruppe eine solche der Achsfolge 2'B, so daß eine (2'B)C1'-Mallet entstand, die die Bahn als MK-1 bezeichnete. Schon 1933 bekam sie aber die alte Frontmaschinengruppe zurück; ebenso wie die anderen Maschinen überlebte sie bis 1953.

Hier die technischen Daten der T-1: Zylinderdurchmesser 699 mm, Hub 762 mm, Kuppelraddurchmesser 1880 mm, Kesseldruck 1,76 MPa (17,6 kp/cm²), Rostfläche 8,5 m²,

Heizfläche 500 m², Überhitzerfläche 124 m², Dienstmasse 155 t, Reibungsmasse 105 t, Zugkraft 295 kN (29,5 t).

Die technischen Daten der KK-1 lauteten: Zylinderdurchmesser 584 mm, Hub 762 mm, Kuppelraddurchmesser 1778 mm, Kesseldruck 1,76 MPa (17,6 kp/cm²), Rostfläche 8,5 m², Heizfläche 605,2 m², Überhitzerfläche 155 m², Dienstmasse 189 t, Reibungsmasse 150 t, Zugkraft 407 kN (40,7 t).

Die MK-1 hatte die technischen Daten: Zylinderdurchmesser 521/597 mm, Dienstmasse 202,5 t, Zugkraft 375 kN (37,5 t), sonstige Daten wie KK-1.

Zur Beförderung der neuen Leichtbauzüge „Royal Blue“ und „Abraham Lincoln“ entwarf Emerson eine für ihre Zeit von der Achsfolge her ungewöhnliche 2'B2'-Lokomotive mit Emerson-Kessel als Reihe J-1, genannt „Lady Baltimore“. Auffallend waren auch die für USA-Verhältnisse mit 97 t sehr mäßige Dienstmasse und das glatt im britischen Stil gehaltene Äußere.

Ihre technischen Daten waren: Zylinderdurchmesser 445 mm, Hub 711 mm, Kuppelraddurchmesser 2134 mm, Achsstand 10,8 m, Kesseldruck 2,46 MPa (24,6 kp/cm²), Rostfläche 5,57 m², Heizfläche 164,5 m², Überhitzerfläche 32,5 m², Reibungsmasse 50 t, Zugkraft 126 kN (12,6 t) ohne und 158 kN (15,8 t) mit Booster, Höchstgeschwindigkeit 152 km/h, Wasservorrat 30,3 m³.

1935 lieferte die Mt. Clare-Werkstatt der

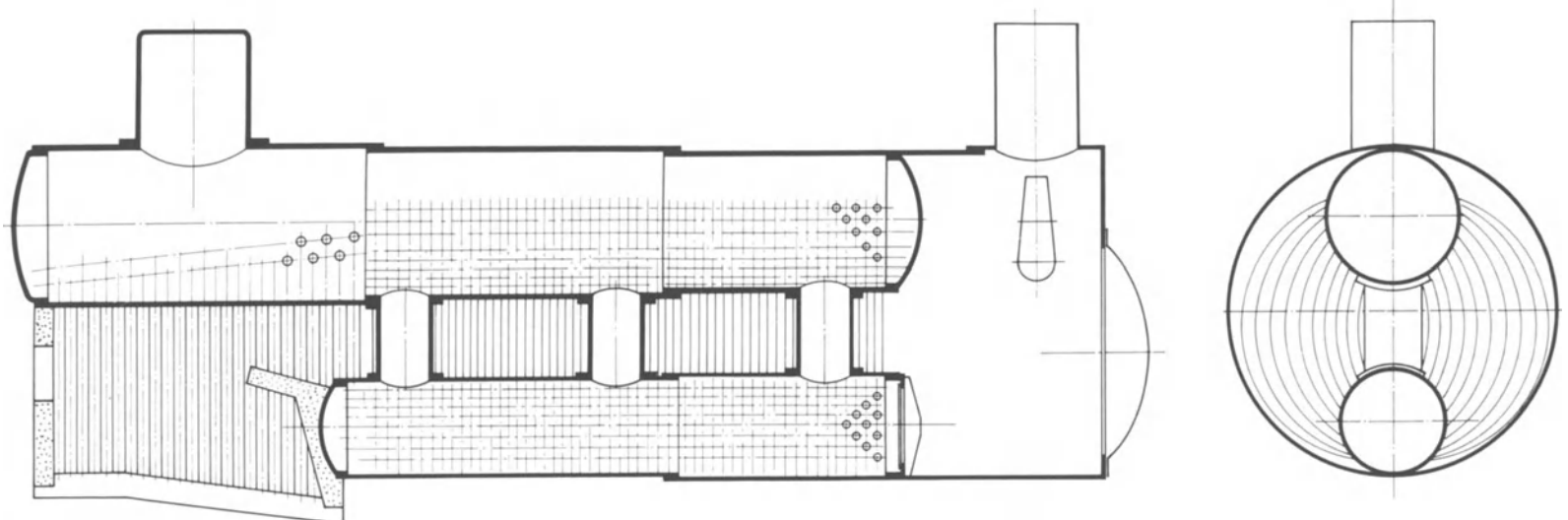
Bahngesellschaft die „Lady Baltimore“ aus; ihr Einsatz erfolgte auf der geraden und flachen Alton RR, einer Tochtergesellschaft. Trotz deren günstiger Trassierung genügten die Zugkräfte des Zweikupplers nicht; ein Ärgernis war auch die ausgeprägte Schleuderingung, so daß schon 1949 die Verschrottung erfolgte.

Den Abschluß der Versuche mit dem Emerson-Kessel bildeten vier Hudsons der Reihen V-1 bis V-4, die zwischen 1933 und 1936 in den Mt. Clare-Bahnwerkstätten der Baltimore & Ohio RR Comp. entstanden. Die bekannteste von ihnen, die V-2 „Lord Baltimore“, fuhr ab 1935 den „Royal Blue“ zwischen New York und Washington, bis die erste Streckendiesellokomotive sie schon im August desselben Jahres auf die Alton RR verdrängte. Dort führte sie bis 1942 den „Ann Rutledge“-Expreß und lief anschließend, leicht umgebaut, auf der Verbindung Washington–Cumberland. Während des Einsatzes zeigte sie sich als guter Renner, zog aber schlecht an; 1949 kam sie unter den Schweißbrenner.

2.7.7.

Wasserrohrkessel

Wasserrohrkessel sind eine Umkehrung des gewöhnlichen Rauchrohrkessels. In einem Röhrensystem zirkulierte Wasser und nahm dabei Wärme von den umströmenden Gasen auf. Hauptnachteil dieser Bauart war



die umständliche und schwierige Reinigung der Rohre, die nur bei entleertem und damit kaltem Kessel erfolgen konnte. An den Rohraußenseiten setzte sich Ruß und Asche ab, die sich ebenfalls nicht leicht entfernen ließen. All diese Nachteile verhinderten eine nennenswerte Verbreitung des Wasserrohrkessels.

Der Robert-Kessel

Jaques Robert, Betriebsingenieur des algerischen Netzes der französischen PLM, entwickelte 1904 den nach ihm benannten Wasserrohrkessel, der seine Entstehung dem außergewöhnlich schlechten Speisewasser in Algerien verdankte. Nach Art der Marinekessel bestand dieser Dampferzeuger aus je einem walzenförmigen Ober- und einem um die Rostlänge gekürzten Unterkessel; drei Stützen und eine Vielzahl gebogener Wasserrohre verbanden sie miteinander. Eine Blechverkleidung ergab das äußere Bild eines gewöhnlichen, allerdings sehr dicken Kessels.

Für das einzige mit dem Robert-Kessel ausgerüstete Exemplar, eine 1'C-Lokomotive, liegen kaum technische Daten vor; bekannt sind aber der Kesseldruck von 1,25 MPa (12,5 kp/cm²), die Rostfläche von 1,94 m² und die Heizfläche von 118,4 m². Die Maschine gelangte im Februar 1904 zwischen Algier und Affieville in Betrieb; es ergaben

sich aber bald große Schwierigkeiten durch das schon erwähnte Ansetzen von Ruß und Asche. Der Einbau eines Dampfstrahlgebläses, bestehend aus zwei gelochten Dampfrohren, erwies sich hier als brauchbare Lösung. Die ursprünglich aus Kupfer bestehenden Wasserrohre mußten Stahlrohren weichen. Im übrigen soll sich die Lokomotive in einem einjährigen Betrieb gut gehalten haben; weitere Ergebnisse liegen dem Autor nicht vor.

Der Strooman-Kessel

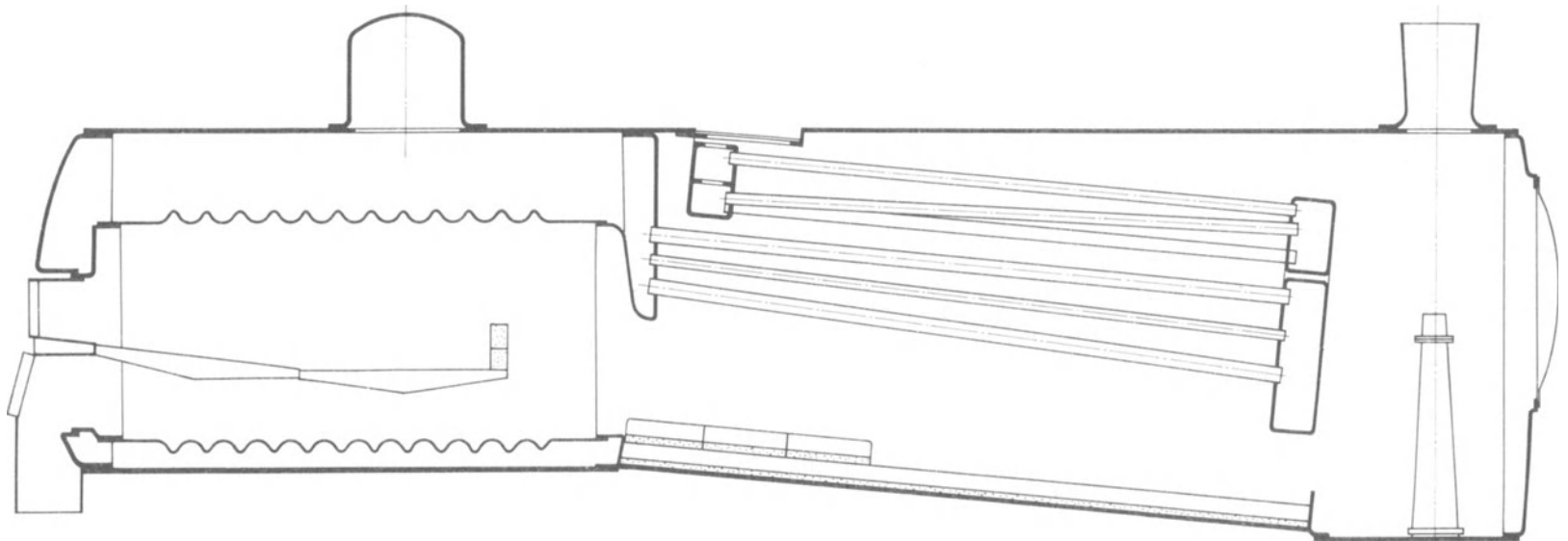
Als zweite Bauart des Wasserrohrkessels entstand die der Bauart Strooman. Dieser enthielt als Feuerbüchse ein Wellrohr nach Morison; die nach vorn anschließenden und in eine Wasserkammer mündenden Wasserrohre verliefen nach vorn geneigt, um das Aufsteigen der Dampfblasen zu begünstigen und einen besseren Wasserumlauf zu erzielen. Im hinteren Teil bedeckten feuerfeste Steine die untersten Wasserrohre und entzogen sie so der Einwirkung durch die Stichflamme. Um das Einbringen und Aufwalzen der Rohre zu ermöglichen, richtete man die Rauchkammerstirnwand abnehmbar ein. Der Überhitzer bestand aus einer vor der Rauchkammer abgehenden Kammer, von der die einzelnen Elemente ausliefen. Im oberen Kesselteil befand sich noch ein Abgasspeisewasservorwärmer aus zwei Was-

serkammern mit dazwischenliegenden Rohren.

Der Strooman-Kessel krankte an der Kombination der Nachteile von Wellrohr- und Wasserrohrkessel; zudem dichteten die Wasserrohre an der Wellrohrwand schlecht ab, und die Undichtheiten ließen sich gerade dort schwer erkennen.

Die Firma Orenstein & Koppel, die von *Strooman* die alleinigen Ausführungsrechte für seine Kesselbauart erhalten hatte, konnte 1910 nach Versuchen an einem Probekessel eine G8 als Magdeburg 4851 an die preußische Staatsbahn liefern. Obwohl sich im Einsatz höhere Verdampfungsziffern und größere Zugleistungen gegenüber Regellokomotiven ergaben, traten im Betrieb und in der Unterhaltung so viele Schwierigkeiten auf, daß schon 1913 die Außerdienststellung erfolgte. Dennoch konnte Orenstein & Koppel 1914 noch drei G8¹ als Magdeburg 4869, 4870 und 4871 mit einem im Prinzip gleichen, aber verbesserten Kessel liefern; eine dieser Lokomotiven, die Magdeburg 4869, stand 1914 auf der Baltischen Ausstellung in Malmö.

Für sie sind die technischen Daten wie folgt überliefert: Zylinderdurchmesser 600 mm, Hub 660 mm, Kuppelraddurchmesser 1350 mm, Achsstand 4,7 m, Kesseldruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 3 m², Heizfläche 133,4 m², Überhitzerfläche 37,5 m²,



Dienstmasse 67,9 t, Zugkraft 185 kN (18,5 t), Tenderdienstmasse 44,5 t, Wasservorrat 15,6 t, Kohlevorrat 7 t.

Alle diese Maschinen befriedigten trotz bis zu 11 % Kohleersparnis wegen zu hoher Unterhaltskosten nicht und erhielten schon 1920 einen Regelkessel.

Strooman-Kessel fanden auch bei einigen Privatbahnen Eingang. 1912 verkaufte Orenstein & Koppel zwei 1'B1'-Tenderlokomotiven als Nummer 22 und 23 an die in Meterspur ausgeführte Ruhr-Lippe-Kleinbahngesellschaft. Ein ähnlicher 1'B-Typ erhielt die Ruppiner Eisenbahn als Nummer 20, die sie aber schon 1924 mit Regelkessel versah; die 22 und die 23 blieben aber bis zur Außerdienststellung 1942 und zur Ausmusterung 1952 unverändert.

2.7.8.

Gelenkkessel

Mit der Entwicklung großer Mallet-Lokomotiven entstand das Problem, die damit verbundenen langen Kessel sinnvoll zu nutzen. Eine der Möglichkeiten dazu sah man – angeregt durch die Erfahrungen aus dem Industrie-Kesselbau – darin, den Kessel in zwei gelenkig miteinander verbundene Sektionen aufzuteilen. Dabei entsprach der hintere Kesselteil, der auch den Überhitzer für den Hochdruckdampf aufnahm, dem Regelkessel; nur diese Hälfte stand unter vollem Dampfdruck. Die nach vorn geleiteten Abgase passierten dann den Zwischenüberhitzer für den Niederdruckdampf und einen Speisewasservorwärmer. Jedes der Kesselteile ruhte auf dem jeweiligen Triebgestell. Beide Gruppen waren entweder durch Bälge aus Blechringen oder über ein großes Kugelenk mit längsverschiebbarem Mittelteil miteinander verbunden. Diese Gelenke erwiesen sich als schwächste Stelle der sonst recht sinnreichen Konstruktion. Die Asche lagerte sich dort besonders gern ab, und die Rauchgase griffen die empfindlichen Materialien stark an. Es gelang nicht, eine dem Dauerbetrieb standhaltende Lösung zu finden. Zudem erforderte der lange vollgestopfte Kessel mehr Zug, als das Blasrohr liefern konnte. Es entstanden hohe Wartungskosten und damit mangelnde Wirtschaftlichkeit.

Die Reihe 3300 der Atchison, Topeka & Santa Fe

Gelenkkessel fanden nur in den USA Verwendung. 1910/11 kaufte die Atchison, Topeka & Santa Fe bei Baldwin derartige (1'C)C1'-Maschinen als Reihe 3300, die Angaben über die Stückzahl schwanken je nach Quelle zwischen 2 und 40. Außer durch den Kessel fielen sie auch durch den großen Kuppelraddurchmesser von 1753 mm und die Anwendung einer Jacobs-Shupert-Feuerbüchse auf.

Auch für diesen interessanten Typ sollen die technischen Daten nicht fehlen: Zylinderdurchmesser 610/965 mm, Hub 711 mm, Achsstand 17,196 m, Kesseldruck 1,41 MPa (14,1 kp/cm²), Rostfläche 4,9 m², Heizfläche 416,6 m², Überhitzerfläche 103 m², Länge über Kupplung 31,011 m, Dienstmasse 177,86 t, Reibungsmasse 143,8 t, Zugkraft 301 kN (30,1 t), Wasservorrat 40,9 m³, Kohlevorrat 12,2 t.

Einsatzbeurteilungen liegen nicht vor, doch wurden für die Reihe 3300 keine weiteren Maschinen beschafft. In Verbindung mit der Kenntnis ihrer prinzipiellen Bauartnachteile läßt das nicht auf Bewährung schließen.

Die 3000 der Atchison, Topeka & Santa Fe

Für die Beförderung 2000 t schwerer Güterzüge auf den steigungsreichen Strecken in Arizona benutzte die Atchison, Topeka & Santa Fe als Reihe 3000 ab 1911 eine (1'E)E1'-Lokomotive mit Gelenkkessel, die unter den Naßdampf-Verbundtypen nur noch von den (1'E)E1'-Mallet-Maschinen der Virginian Rw. Comp. übertroffen wurde. Als Ausgangsmaterial für den Umbau dienten zwei 1'E1'-Vauclain-Verbundlokomotiven; Fahrgestelle und Kessel bildeten nun eine neue Einheit. Einfach wirkende Zylinder von 711/965 mm Durchmesser bei 812 mm Hub ersetzten die Vauclain-Zylinder; den Kuppelraddurchmesser behielt man mit 1448 mm bei, der Gesamtschstands erreichte stolze 20,24 m.

Auch hier wählte die Bahn wieder eine Jacobs-Shupert-Feuerbüchse, ging aber gegenüber der Reihe 3300 mit dem Kesseldruck auf den damals hohen Wert von 1,88 MPa (18,8 kp/cm²) herauf. Die Rostflä-

che betrug 7,62 m², die Heizfläche 353,4 m², zuzüglich 247 m² für den Speisewasservorwärmer und 216 m² für den Überhitzer. Mit 48,841 m Länge über Kupplung fiel die 3000 recht groß aus, auch die Dienst- und die Reibungsmasse von 386 bzw. 249 t waren beachtlich; damit ließ sich eine Zugkraft von 499 kN (49,9 t) realisieren. Der sechssachsige Drehgestellender faßte bei 102,9 t Dienstmasse 45,5 m³ Wasser und 15,2 m³ Heizöl. Im Betrieb bewährte sich der Riese nicht sonderlich und blieb ein Einzelgänger.

2.7.9.

Stehende Kessel

Neben den bisher besprochenen Sonderkesseln sei hier auch an die stehenden Kessel erinnert, die uns in verschiedenen Kapiteln schon begegneten oder erst begegnen werden. Für diese Sonderbauarten liegen so wenige Informationen vor, daß eine ausführliche Besprechung nicht lohnt. Auf die einzige deutsche Lokomotive mit Kittel-Kessel trifft das nicht zu, sie erhält deshalb im folgenden, stellvertretend für viele andere, eine kurze Würdigung.

Die K12

der württembergischen Staatsbahn

Um einen Vergleich zu den aufkommenden Benzol- und Dampftriebwagen zu erhalten, entwickelte Esslingen für den Nebenbahnbetrieb eine zweiachsige Stehkessellokomotive für Einmannbedienung mit zwei Führerständen in Trambahnanordnung. Die 1908 gebauten beiden Exemplare mit Serpollet-Kesseln befriedigten aber nicht, so daß eine von ihnen 1911 einen Kittel-Kessel erhielt.

Dieser stehende Kessel setzte sich aus einem geschweißten Unter- und Oberschuß und einer stählernen Wellrohrfeuerbüchse zusammen. Der Unterschuß war zur Vergrößerung der Rostfläche nach unten kegelförmig erweitert; von seiner Decke stiegen die Feuerrohre senkrecht auf. Der Kesselmantel erweiterte sich im oberen Teil ringförmig und ermöglichte damit einen größeren Dampfraum und eine angemessene Verdampfungsfläche; in der Rauchkammer befand sich der aus einem gewundenen Schlangenrohr bestehende Überhitzer.

Nun zu den technischen Daten: Kuppelrad-

durchmesser 1250 mm, Achsstand 2,5 m, Länge über Puffer 6,716 m, Dienstmasse 25,8 t, Wasservorrat 3,3 m³, Kohlevorrat 0,75 t, Höchstgeschwindigkeit 55 km/h.

Nach der Abnahmeprüfung kam die Lokomotive als KI2 zum Bw Tübingen und im September 1916 zum Bw Ulm. Danach verkaufte die württembergische Staatsbahn die KI2 an einen Industriebetrieb, und heute läuft sie mit anderen Museumsdampflokomotiven auf der Rinteln–Stadthagener Eisenbahn.

2.7.10. Franco-Crosti-Kessel

Die den Lokomotivschornstein mit etwa 300 bis 350 °C verlassenden Abgase verlockten immer wieder zur Entwicklung von Abgasvorwärmern, von denen erhebliche Vorteile zu erwarten waren. An erster Stelle stand dabei die Kohleinsparung durch den stark verbesserten Kesselwirkungsgrad, denn die sonst verlorengegangene Abgaswärme konnte nun das Speisewasser fast bis auf die Kesseltemperatur bringen. Dabei schieden die Kesselsteinbildner schon im Abgasvorwärmer aus und ließen sich dort leicht als Schlamm entfernen. Durch das Einspeisen hochoverhitzten Wassers traten im Kessel kaum noch Materialspannungen infolge unterschiedlicher Erwärmung auf, so daß das hohe Wartungskosten verursachende Lecken von Rohren und Kesselschüssen abnahm. Kessel mit Abgasvorwärmer sollten sich zudem als sehr verdampfungswillig erweisen; die hohe Rauchgastemperatur erleichterte auch das Erreichen hoher Überhitzung. Nicht zuletzt führte der lange Abgasweg zum vollständigen Ausbrennen mitgerissener Brennstoffteilchen und machte Funkenfänger entbehrlich.

Durch das Hintereinanderschalten von Kessel und Abgasvorwärmer erhöhte sich der Strömungswiderstand des Gesamtsystems so, daß ein vergrößerter Blasrohrdruck ausgleichend wirken mußte; letzteres ergab eine verminderte Zylindereffizienz. Weiter führte die starke Temperaturabsenkung der Abgase vielfach zur Entstehung schwefliger Säure, der nur aus teuren Spezialstählen bestehende Abgasvorwärmer für längere Zeit widerstehen konnten. Als weitere Nachteile

müssen die aufwendige Herstellung und der Massezuwachs gelten; insgesamt gesehen lohnten die Ausgaben nur bei hohen Kohlepreisen.

Auf die frühen Bauarten von Trevithick, Borsig, Rihosek und Wehrle soll hier nicht näher eingegangen werden, alle fanden wegen zu kleiner Abmessungen und Betriebsuntauglichkeit nur in geringem Umfang Verwendung.

Die belgische C1'+1'B1B1'+1'C-Franco-Lokomotive

Der italienische Ingenieur *Attilio Franco* kam schon vor dem ersten Weltkrieg auf die Idee, als Abgasvorwärmer einen großen Röhrenkessel vorzusehen: ein Gedanke, den später die von ihm gegründete Franco-Gesellschaft weiter verfolgte. Belgische Konstrukteure nahmen dann bei der Lokomotivabteilung von Tubize, den Ateliers Metallurgiques Nivelles, die Arbeiten an einer Probelokomotive nach Francos Patenten auf.

Das Ergebnis war eine riesige C1'+1'B1B1'+1'C-h8-Gelenklokomotive, die 1932/33 das Werk verließ. Alle acht Zylinder wiesen die gleichen Abmessungen auf; ihr Durchmesser belief sich auf 435 mm bei 650 mm Hub; sie saßen an jedem Fahrzeugteil zwischen der Laufachse und den mit 1370 mm großen Rädern ausgestatteten Kuppelachsen; der Achsstand belief sich auf 27,3 m.

Neben dem ungewöhnlichen Fahrwerk zeigte auch der Kessel viele Besonderheiten. Dabei trug der mittlere Fahrzeugteil einen Kessel, der wie bei den Fairlie-Lokomotiven aus zwei Langkesseln der Regelbauart mit gemeinsamer Feuerbüchse bestand. Neuartig waren allerdings der parallele Versatz beider Langkessel, die Teilung der Feuerbüchse durch einen Wassersteg in zwei Hälften und die schräge Lage zur Gleisachse, so daß an den Stehkesselvorderwänden Platz für die beiden Feuerlöcher blieb. Der Kessel, ausgelegt für 1,4 MPa (14 kp/cm²) Druck, verfügte über eine Rostfläche von 6,5 m², eine Heizfläche von 251,4 m² und 77,2 m² Überhitzerfläche. Die gewählte Bauform bedingte allerdings die Besetzung durch zwei Heizer, die aber sowieso erforderlich schien, wollte man bei der großen Rostfläche nicht zum Stoker

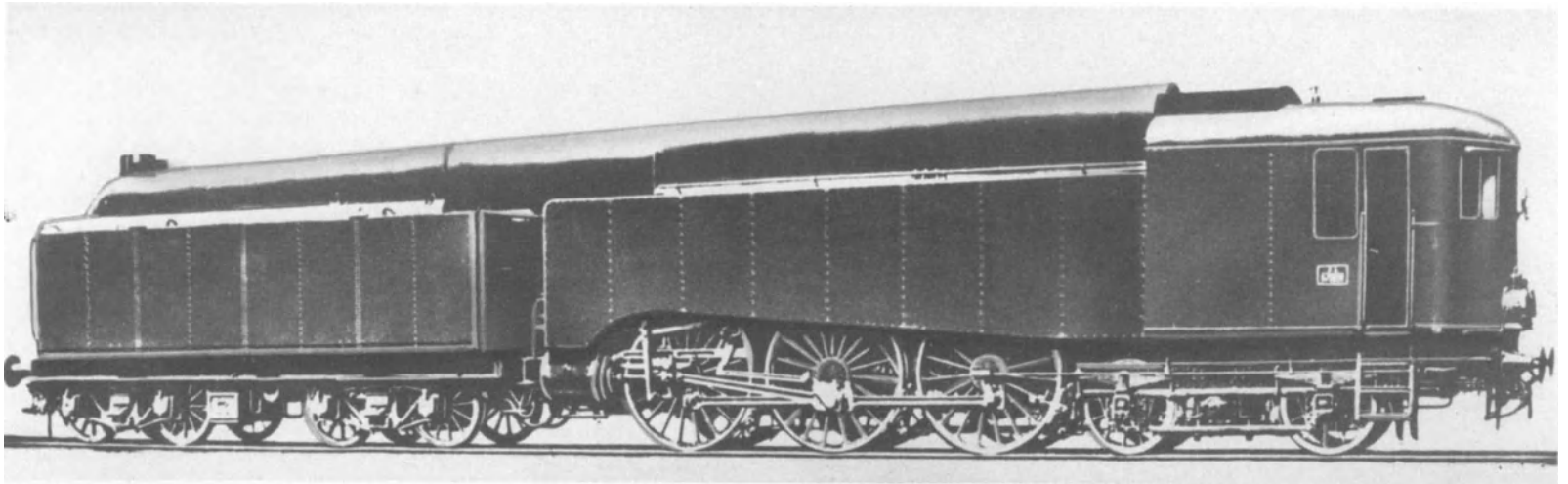
übergehen. Die Kohlen flossen den Heizern von an der anderen Kesselseite bis an das Dach reichenden je 4,5 t fassenden Behältern unter dem Kessel hindurch zu.

Von den kurzen Langkesseln leiteten große gelenkige Rohre die Abgase in die auf den Endgestellen gelagerten Abgasvorwärmer. Jeder bestand aus einer von Heizrohren durchzogenen runden Trommel; dabei durchstrichen die Gase die oberen Rohre, während eine kleinere Anzahl vom Abdampf durchströmt wurde. Die Vorwärmerdecke lag dabei tiefer als der niedrigste Wasserstand im Langkessel, so daß sich darin kein Dampf bilden konnte; Pumpen drückten das Speisewasser in die Vorwärmer und von dort in den Kessel. Der Abgasvorwärmer umfaßte eine Fläche von 268 m², der Abdampfvorwärmer eine solche von 43,9 m².

Bei einer Länge über Puffer von 31 m betrug die Dienstmasse 248 t und die Reibungsmasse 170 t, ausreichend, um damit bei Probefahrten auf der Strecke Schaerbeck–Libramont der belgischen Staatsbahn auf langen 1,6%igen Steigungen 1214-t-Züge mit 24 km/h zu schleppen; das war mehr, als bisher eine 1'E- und eine 1'D-Lokomotive zusammen geschafft hatten. Der Abgasvorwärmer bewährte sich gut und sparte gegenüber normalen Heißdampfmaschinen rund 15 % Kohle. Insgesamt schoß man mit dieser Superlokomotive aber weit über das vernünftige Maß hinaus, so daß es bei nur einem Exemplar blieb; 1935 nach der Brüsseler Weltausstellung erfolgte dann die Ausmusterung.

Die Reihe 672 der italienischen Staatsbahn

Die Franco-Gesellschaft richtete nun ihr Augenmerk auf einfachere Lösungen; dabei entstand ein Projekt für den Umbau einer mit dem Führerhaus voran laufenden Schlepptenderlokomotive der Reihe 670 der italienischen Staatsbahn. Die zur Verfügung gestellte C2'-n4v-Maschine mit der Betriebsnummer 670 030 mit vierachsigem Drehgestellender erhielt bei dieser Gelegenheit einen Überhitzer, und an die Stelle des Schornsteins trat ein großer Stutzen zur Überleitung der Abgase auf den Tender. Dieser trug bisher nur einen zylindrischen Wasserbehälter und erhielt nun zwei seitliche



Wasserkästen und den dazwischenliegenden Röhrenvorwärmer. Hinzu kam eine elegante, stromlinienähnliche, auch den Tender einschließende Verkleidung, die aber Lauf- und Triebwerk zwecks besserer Zugänglichkeit offenließ; die Kohlebehälter befanden sich wie bisher längs des Kessels.

Nach der Umrüstung lautete die neue Betriebsnummer 672 001; die technischen Daten waren: Zylinderdurchmesser 360/590 mm, Hub 650 mm, Kuppelraddurchmesser 1980 mm, Achsstand 8,2 m, Kessel- druck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 3 m², Kesselheizfläche 100 m², Überhitzerfläche 48 m², Heizfläche des Abgasvorwärmers 110 m², Heizfläche des Abdampfvorwärmers 10 m², Länge über Puffer 21,07 m, Dienst- masse 70,7 t.

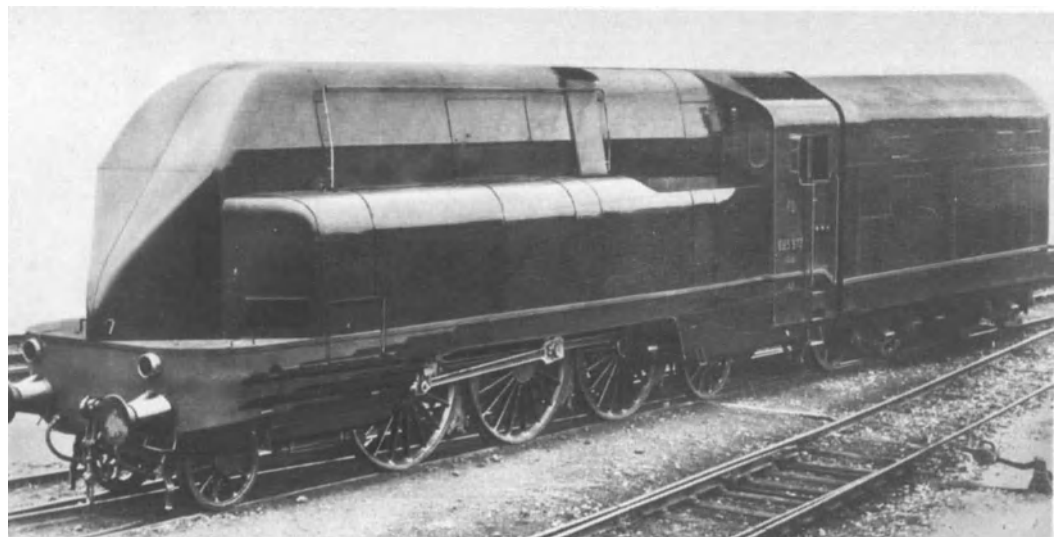
Bei zahlreichen Vergleichsfahrten zwischen der 672 001 und einer ebenfalls auf Heiß- dampf umgebauten analogen Regellokomo- tive zeigten sich immer wieder Leistungs- fähigkeit und Wirtschaftlichkeit der Franco- Maschine; je nach den Einsatzbedingungen lag die Kohleersparnis zwischen 14,5 % und rund 22 %.

Ab August 1936 lief die 672 001 dann im fahr- planmäßigen Schnellzugdienst zwischen Florenz und Pisa; auch dabei bestand der Abgasvorwärmer seine Bewährungsprobe. Daraufhin stellte die Staatsbahn weitere neun 672er in Dienst.

Weitere Franco-Crosti-Lokomotiven der italienischen Staatsbahn

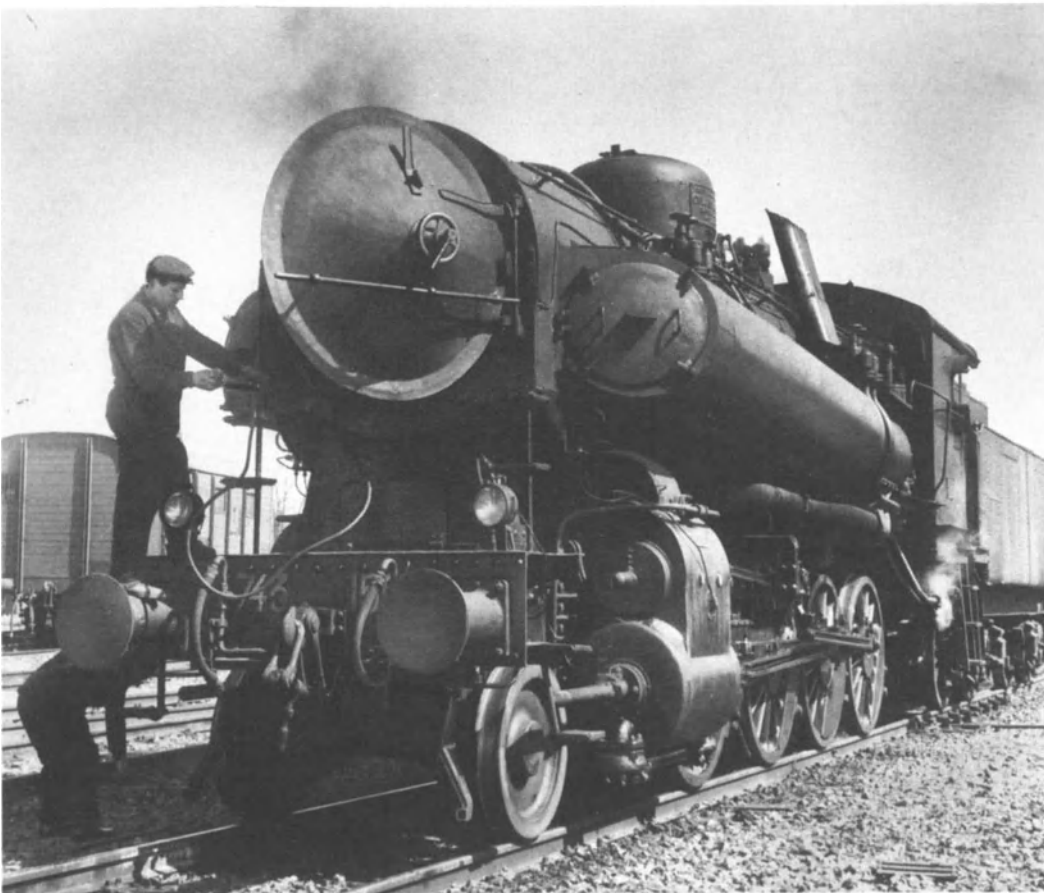
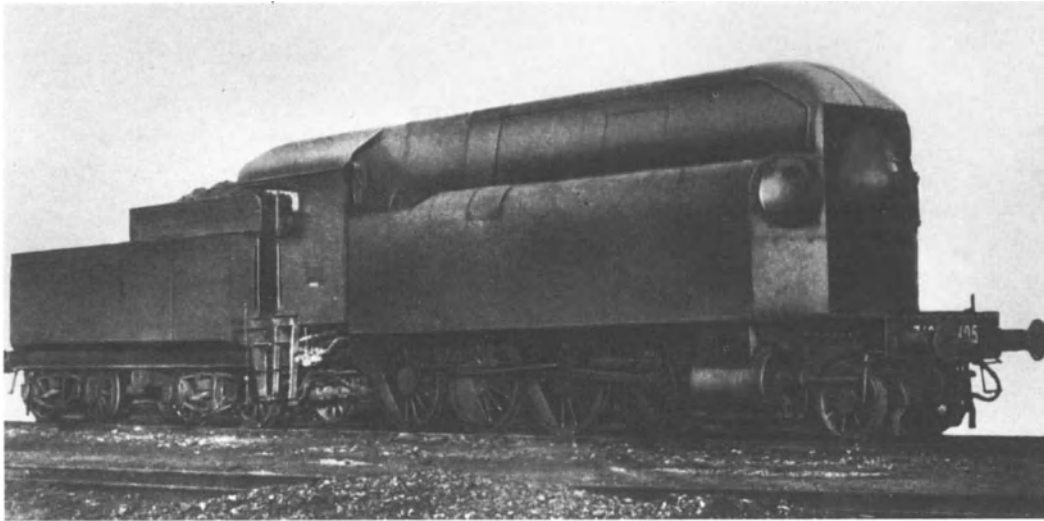
Nach *Franco*s Tod 1936 arbeitete Dr.-Ing. *Piero Crosti*, leitender Ingenieur der Franco- Gesellschaft, weiter an dem Problem. Er kam auf die Idee, den bisherigen großen Ab- gasvorwärmer in zwei kleinere aufzulösen und diese rechts und links am Langkessel anzubringen; die Abgase mußten dazu in der Rauchkammer umkehren, die Vorwärmer durchströmen und in zwei seitlichen Schorn- steinen die Lokomotive verlassen.

Die italienische Staatsbahn ließ 1939 fünf 1'C1'-Vierlings-Schnellzuglokomotiven der Reihe 685 und fünf 1'D-Güterzuglokomotiven der Reihe 740 mit den neuen Franco-Crosti- Vorwärmern ausrüsten; sie liefen dann als Reihe 683 bzw. 743. Dabei lagen die Vor- wärmtrommeln schräg, damit das unten ein- gespeiste Wasser beim Erwärmen zwanglos aufsteigen konnte. Auf der Rauchkammer blieb der übliche Schornstein zum Anheizen erhalten. Als Zugabe erhielten die 685er eine Stromlinienverkleidung unter Einschluß des vierachsigen Tenders: eine Maßnahme, über



Reihe 740 der italienischen Staatsbahn

Reihe 743 der italienischen Staatsbahn



die sich bei der doch nicht übermäßigen Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h streiten läßt.

Folgende technische Daten lassen sich nennen: Zylinderdurchmesser 420 mm, Hub 650 mm, Kuppelraddurchmesser 1850 mm, Achsstand 8,46 m, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Kesselheizfläche 124,3 m², Überhitzerfläche 55,1 m², Heizfläche des Abgasvorwärmers 109,6 m², Heizfläche des Abdampfvorwärmers 7 m², Länge über Puffer 20,58 m, Dienstmasse 77,6 t, Reibungsmasse 51,2 t.

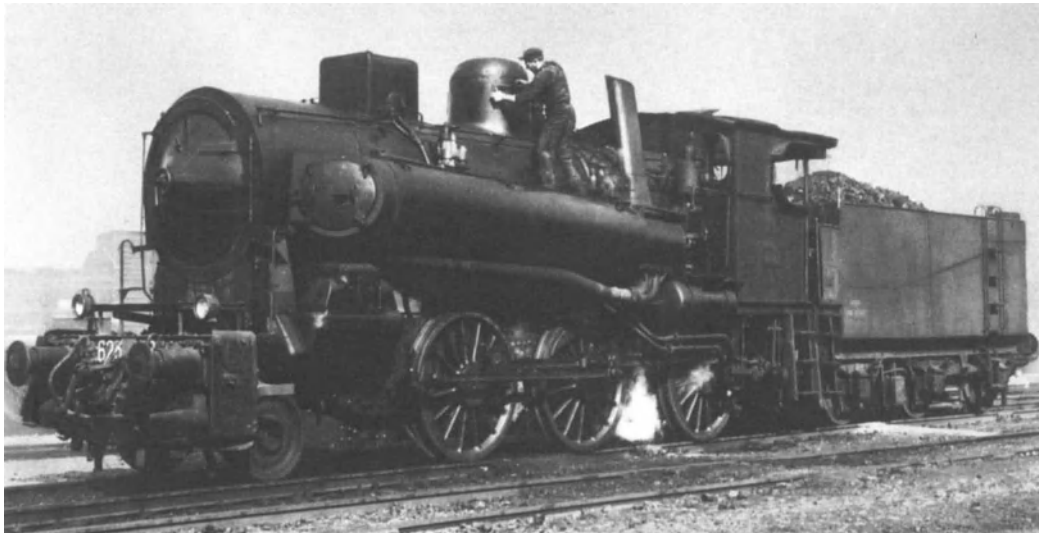
Die fünf Schnellzuglokomotiven liefen von Februar 1941 bis September 1943 gemeinsam mit fünf Regellokomotiven im Plandienst auf der Strecke Mailand–Verona–Padua–Venedig, wobei sich Kohleersparnisse bei den Umbaulokomotiven von knapp 19 % ergaben, die Leistung stieg um 147 kW (200 PS) auf 1067 kW (1450 PS) an.

1942 kamen weitere umgerüstete 1'D-Güterzuglokomotiven der Reihe 740 als Reihe 743 zum Einsatz; auch die kleinen 1'C-Mehrzweckmaschinen der Reihe 625 erlebten als 623 eine Franco-Crosti-Renaissance; zusätzlich erfolgte die Ausrüstung mit der Caprotti-Ventilsteuerung. (Hierzu Bilder auf Seiten 131, 132 und 133).

Bei später folgenden Umbauten von 685ern änderte man das Äußere mehrfach ab, bis eine Verkleidung übrigblieb, die nur noch Kessel und Abgasvorwärmer einschloß. Ebenfalls nach Kriegsende dehnte die Staatsbahn das Franco-Crosti-Prinzip auf eine Anzahl weiterer 740er aus. Die bei den ersten Versuchsfahrten noch vorhandene Verkleidung entfiel dabei ganz.

1954 versuchte man, den Aufbau der Franco-Crosti-Lokomotiven weiter zu vereinfachen, und es gelang schließlich, die beiden seitlichen Trommeln zu einer einzigen zusammenzufassen, die unter dem Kessel zwischen den Rahmenwangen Platz fand. Als Umbauobjekt diente eine weitere 740er, neue Reihenbezeichnung 741, mit der man eine beachtliche Masseersparnis von 4,4 t gegenüber der mit zwei Vorwärmern versehenen Schwesterbauart erzielen konnte. Franco-Crosti-Lokomotiven standen in Italien noch in den 80er Jahren in Dienst.

(Weitere italienische Franco-Crosti-Lokomotiven auf den Seiten 131 bis 133).



Die Reihe 42⁹⁰ der Deutschen Bundesbahn

1951 gelangten zwei von Henschel gebaute Franco-Crosti-Lokomotiven zur Deutschen Bundesbahn. Es handelte sich dabei um Maschinen aus einer Serienlieferung der bekannten Reihe 52 mit den Betriebsnummern 52 893 und 52 894. Wegen des beschränkten

Raumes waren zwei Vorwärmtrömmeln vorhanden, die unterhalb des Kessels lagen. Das erforderte allerdings das Anheben der Kesselmitte auf 3,3 m über Schienenoberkante. Der geänderte Kessel hatte jetzt eine Heizfläche von 121,2 m² statt der bisherigen von 177,6 m², die Überhitzerfläche blieb unverändert, mit Vorwärmer stieg die Gesamt-

heizfläche auf 253,2 m² an. Durch die Zusatzausrüstung kletterte die Dienstmasse auf 94,9 t, die Reibungsmasse auf 84,3 t, so daß die Lokomotiven aus der Reihe 52 herausfielen und deshalb die Betriebsnummern 42 9000 und 42 9001 erhielten. Alle nicht aufgeführten Daten entsprachen denen der Regel-52er.

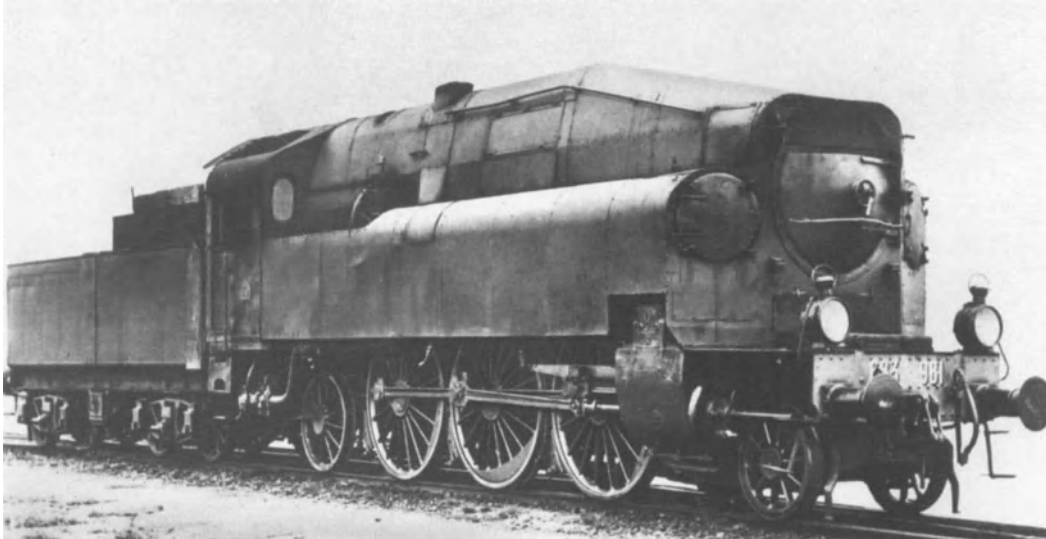
Versuchsfahrten ergaben eine maximale Brennstoffersparnis von etwa 15 %; im hauptsächlichen Arbeitsbereich, bei Geschwindigkeiten zwischen 30 km/h und 60 km/h und Zugkräften von 2,2 t bis 6,5 t, lag der Minderverbrauch bei 10 bis 12 %. Man sah aber trotzdem davon ab, weitere 52er umzurüsten, da die hohen Fertigungs- und Wartungskosten eine Amortisation erst nach vier Jahren erwarten ließen. Die beiden Maschinen gingen in den Regelbetrieb, vor allem auf der rechten Rheinstrecke, und wurden am 20. 7. 1959 bzw am 30. 9. 1960 in den Bw Bingerbrück bzw. Oberlahnstein ausgemustert, wofür vor allem die starken Korrosionserscheinungen in den Vorwärmtrömmeln maßgebend waren.

Die Reihe 50⁴⁰ der Deutschen Bundesbahn

In Weiterentwicklung der schon recht gut entsprechenden ersten beiden Lokomotiven ließ die Deutsche Bundesbahn 1955 bei Henschel die 50 1412 mit einem Franco-Crosti-Kessel versehen. Dabei verkleinerte man die Rostfläche von 3,9 m² auf 3,05 m², vergrößerte aber die hochwertige Feuerbüchsheizfläche durch Einbau einer Verbrennungskammer von 15,7 m² auf 17,3 m². Die Verdampfungsheizfläche sank von 177,8 m² auf nur 99,25 m², die des Überhitzers von 68,94 m² auf 52,1 m². Der Abgasvorwärmer, hier aus nur einer unter dem Kessel liegenden Trommel bestehend, verfügte über 93 m² Heizfläche, so daß die Gesamtverdampfungsheizfläche von 177,8 m² auf 192,3 m² anwuchs. Auf die Beheizung des Vorwärmermantels mittels Abdampfes verzichtete man; vielmehr kam ein ganz normaler Abdampfvorwärmer auf den Rauchkammerscheitel, dem das kalte Speisewasser zuerst zuflöß; erst dann gelangte es in den Abgasvorwärmer.

Der Kessel entsprach im übrigen den neuesten damals bei der Deutschen Bundesbahn geltenden Baugrundsätzen, jedoch

Schnitt durch einen Franco-Crosti-Kessel
mit unter dem Kessel liegender
Vorwärmertrommel
(Zeichnung ohne Überhitzer)



machten sich besondere Maßnahmen für diejenigen Teile notwendig, die mit den niedrig temperierten Rauchgasen in Berührung kamen, um sie vor dem Zerfressen durch schweflige Säure zu schützen. Rauchkammer und Schornstein bestanden deshalb aus Chromstahl.

Die Lokomotive bewährte sich so gut, daß trotz der relativ hohen Umbaukosten zwischen 1956 und 1959 weitere 30 Stück

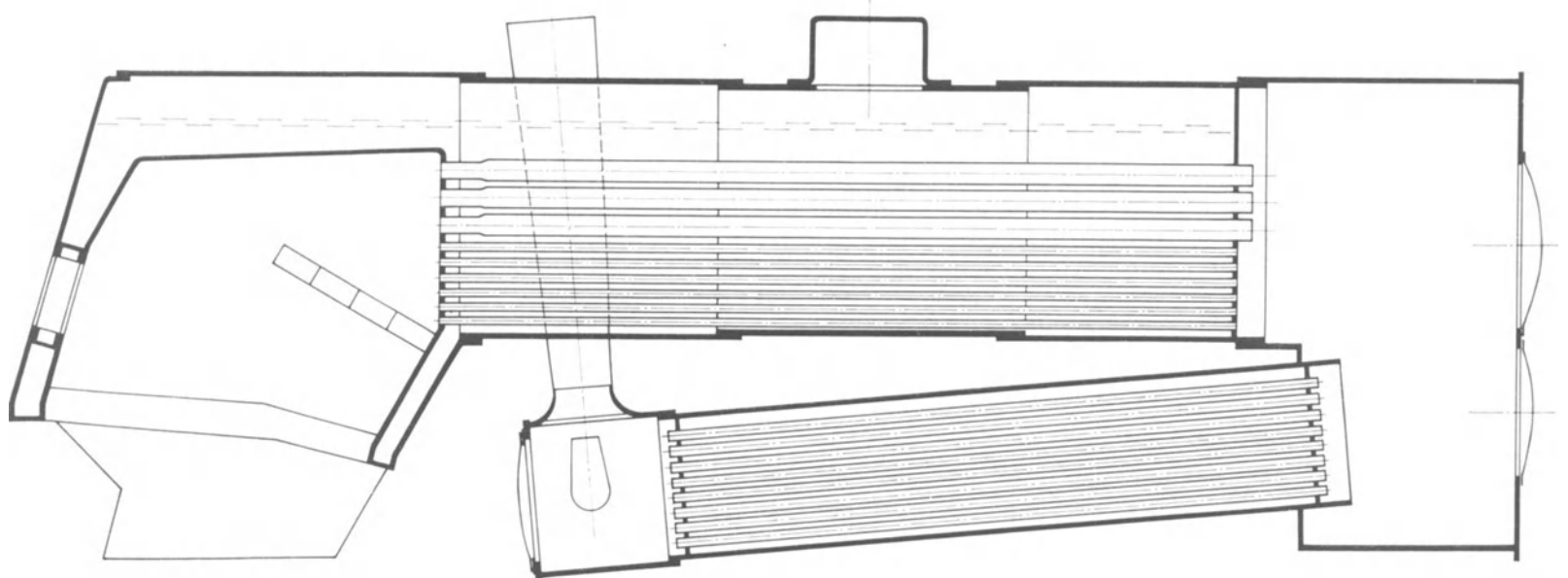
folgten; sie erhielten die Betriebsnummern 50 4001 bis 50 4031. Eine der Lokomotiven, und zwar die 50 4011, lief versuchsweise mit Ölhauptfeuerung, weil die gegenüber der Kohlefeuerung höhere Abgastemperatur der Ölfeuerung für den Franco-Crosti-Kessel besonders geeignet schien. Nach dem Einsatz bei verschiedenen Bw begann die Ausmusterung am 1. 9. 1965 mit der 50 4008 und endete am 24. 11. 1967. Im Einsatz ergaben

sich zwar beachtliche Kohleersparnisse von bis zu 20 %, doch blieben die Korrosionsercheinungen immer noch bedenklich.

Die Reihe 9 der British Rw.

Neben Italien und der BRD unternahm nur noch Großbritannien einen Versuch zur Nutzung des Franco-Crosti-Systems. Aus dem für 1953 vorgesehenen Bauprogramm für die 1'E-h2-Güterzuglokomotive der Reihe 9 erhielten in den Crewe-Bahnwerkstätten die 92020 bis 92029 eine entsprechende Ausrüstung. Dabei arbeiteten die British Rw. eng mit der Franco-Gesellschaft zusammen; letztere sollte ihr Honorar entsprechend der bei Testversuchen erreichten Kohleersparung erhalten.

Bei den Entwurfsarbeiten bemühte man sich darum, gegenüber den Standardmaschinen möglichst wenige Abweichungen zuzulassen. Das kleine britische Umgrenzungsprofil gestattete keine seitlichen Abgasvorwärmer; so fand auch hier eine einzige, schwach nach hinten geneigte, unter dem Kessel zwischen den Rahmenwangen liegende Vorwärmertrommel Verwendung. Der eigentliche Kessel konnte im Durchmesser kleiner ausfallen, entsprach aber sonst mit all seinen Ausrüstungsbestandteilen der Regelbauart. Auf dem hinteren Teil des Abgasvorwärmers saß ein Dampfmantel, den ein





Teil des Abdampfes speiste. Ein spezieller Anstrich aus Aluminium und Aluminiumoxiden sollte den hinteren Abschnitt des Abgasvorwärmers und den auf der rechten Seite angeordneten Schornstein vor Korrosion schützen.

Hier zunächst die technischen Daten: Zylinderdurchmesser 508 mm, Hub 711 mm, Kuppelraddurchmesser 1524 mm, Achsstand 9,195 m, Kesseldruck 1,75 MPa (17,5 kp/cm²), Rostfläche 3,9 m², Kesselheizfläche 127 m², Überhitzerfläche 38,2 m², Abgasvorwärmerheizfläche 94,9 m², Abdampfvorwärmerheizfläche 5,3 m², Länge über Puffer 20,168 m, Dienstmasse 84,9 t, Reibungsmasse 76,1 t, Zugkraft 180 kN (18 t), Wasservorrat 21,5 m³, Kohlevorrat 7,1 t.

1955 verließen dann die zehn Einheiten die Werkstatt und zwischen Juni und November desselben Jahres fanden die vereinbarten Versuche statt. Die großen Hoffnungen, die alle Beteiligten in das Unternehmen gesetzt

hatten, gingen aus einem ganzen Komplex von Gründen nicht in Erfüllung. Nach einigen Änderungen am Blasrohr und am Schornstein befriedigten zwar die Dampferzeugung und die Kesselleistung, allerdings lagen die erbrachten Kohleeinsparungen von 3,5 % weit unter dem erwarteten Wert. Die britische Seite sah die Ursache dafür in der Tatsache, daß es sich bei den sehr erfolgreichen italienischen Franco-Crosti-Lokomotiven durchweg um ältere Typen mit niedrigem Wirkungsgrad handelte, bei denen eine Umrüstung mehr Erfolg als bei der modernen Reihe 9 hatte. Als zweiter Nachteil machte sich die Korrosion in den Abgasvorwärmern und den Schornsteinen sehr bemerkbar; für einen Serienbau hätte hier eine praktikable Lösung gefunden werden müssen. Man schätzte damals ein, daß die Kohleeinsparungen – selbst wenn man die beabsichtigte Höhe von 12 % erreichte – die vermehrten Wartungsaufwendungen nicht aus-

gleichen könnten. Schließlich klagte das Personal über die durch die Schornsteinlage bedingte starke Rauchbelästigung. All diese Gründe waren für die British R.W. Anlaß, ihre Franco-Crostis kurzfristig zur Regelausführung umzurüsten.

2.7.11.

Velox-Kessel

In den 30er Jahren entwickelte die Firma Brown, Boverie & Cie mit dem Velox-Dampferzeuger einen Kessel, der auch für den Lokomotivbetrieb mancherlei Vorteile bot. Beim Velox-Kessel handelte es sich um ein Aggregat mit hoher Leistungskonzentration bei kleinen Abmessungen und hohem Wirkungsgrad. Die mäßigen Abmessungen beruhten auf dem intensiven Wärmeübergang infolge der Verbrennung von Heizöl unter 0,1 MPa (1 kp/cm²) bis 0,2 MPa (2 kp/cm²) Überdruck und einer auf über 200 m/s gesteigerten Strömungsgeschwindigkeit der Rauchgase. Ein grundlegendes Merkmal des Verfahrens bestand weiter darin, daß ein die Feuergase nutzender Turboaxiallüfter die Verdichtarbeit leistete. Der für ihn gewählte Temperaturbereich von 550 °C gewährleistete sowohl einen gefahrlosen Betrieb der Gasturbine entsprechend dem damaligen Stand der Technik als auch einen akzeptablen Wirkungsgrad. Außer den Verdampferrohren beheizten die Rauchgase auch den Überhitzer und den einen Teil des Schornsteins bildenden Speisewasservorwärmer. Auch wasserseitig arbeitete der Velox-Kessel mit hohen Strömungsgeschwindigkeiten; eine Wasserpumpe beförderte dabei das Speisewasser durch die Verdampferrohre. Die Separation von Dampf und Wasser erfolgte in einem Dampfabscheider; der abgetrennte Dampf gelangte in den Überhitzer, das Wasser zur Speisepumpe zurück. Eine gesonderte Dampfturbine trieb die Pumpen an; als Anlaßmaschine diente ein Elektromotor. Den elektrischen Strom dafür und für den Bremsluftverdichter lieferte ein Diesel-Generatoraggregat. Dank der automatischen Regelung des Velox-Kessels konnte der Heizer entfallen; in kurzen Betriebspausen ließ sich die Feuerung unterbrechen, ohne die Verfügbarkeit von Dampf zu gefährden, und der saubere, fast rauchfreie

Betrieb stand als günstiger Nebeneffekt zu Buche.

Die 230-E-93 der französischen PLM

Auf Grund eines Vorschlages der Firma Electro-Mécanique aus Paris entschloß sich die französische PLM dazu, eine ihrer 2'C-h4v-Schnellzuglokomotiven der Reihe 230-B 1936/37 mit einem Velox-Dampferzeuger auszurüsten.

Das Laufwerk blieb komplett erhalten, der Zylinderdurchmesser betrug 370 mm bzw. 540 mm, der Hub 650 mm, der Kuppelrad-durchmesser 2000 mm und der Achsstand 8,53 m.

Der 18 t schwere Dampferzeuger, ausgelegt für 2 MPa (20 kp/cm²) Dampfdruck, konnte mit einer Heizfläche von 26,5 m² 12 t Dampf je Stunde liefern; davon standen 11 t für die Traktion und 1 t für die Hilfsmaschinen zur Verfügung. Bei 20,9 m Länge über Puffer betrug die Dienstmasse 74,1 t und die Reibungsmasse 52,5 t; der dreiachsige Tender nahm bei 50 t Dienstmasse 22 m³ Wasser und 8 m³ Heizöl auf, als Höchstgeschwindigkeit gelten 120 km/h.

In ihrem Äußeren wich die Lokomotive völlig vom üblichen Bild ab. Die automatische Kesselregelung ermöglichte einen Frontführerstand; ein Gehäuse, ähnlich dem einer Diesellokomotive, schloß Triebfahrzeug und Tender ein.

Ab Mai 1938 fanden auf dem Gebiet der Südostregion der inzwischen gegründeten Staatsbahn Versuchsfahrten statt. Dabei übertraf die 230-B-93, jetzt als 230-E-93 be-

zeichnet, das Ausgangsmuster in der Leistung um 33 % und gab 1300 kW (1800 PS) ab. Auf den von Paris ausgehenden Verbindungen nach Montargis, Montereau, Laroche und Dijon beförderte sie dann zunächst Personen- und schließlich Schnellzüge. Eine anschließende Prüfung auf dem Versuchsstand in Vitry ergab Kesselwirkungsgrade bis zu 87 %. Der Krieg verhinderte weitere Schritte, und der danach einsetzende Traktionswandel machte auch die Velox-Lokomotive überflüssig.

2.7.12.

Hochdrucklokomotiven

Die Hochdrucklokomotive, darunter sollen hier alle Bauformen mit einem Kesseldruck über 2,5 MPa (25 kp/cm²) verstanden werden, bot ebenfalls eine Möglichkeit zur Steigerung des thermodynamischen Wirkungsgrades. Bei hohen Drücken ist der spezifische Wärmebedarf für die Dampferzeugung nämlich geringer als bei niedrigen Drücken. Außerdem nimmt das Arbeitsvermögen des Dampfes mit steigendem Druck erheblich zu. Daraus ergibt sich sowohl eine Leistungssteigerung als auch eine bessere Ausnutzung der Wärmeenergie gegenüber niedrigeren Dampfdrücken bei sonst identischen Voraussetzungen.

Alle Hochdrucklokomotiven arbeiteten ohne Kondensation mit Auspuff und vermieden damit den anfälligen und mit zahlreichen Hilfseinrichtungen behafteten Kondensator. Allerdings zwang der hohe Druck zur Auf-

gabe des Regelkessels und führte zu in keiner Weise befriedigenden Sonderlösungen. Um bei der Expansion nicht in das verlustreiche Naßdampfgebiet abzurutschen, erforderte Hochdruckdampf eine gute Überhitzung; da diese aber wegen der Zylinderschmieröle nicht beliebig steigen konnte, erfolgte meist Zwischenüberhitzung zwischen Hoch- und Niederdruckzylinder.

Neben reinen Hochdrucklokomotiven entstanden unter Beibehaltung des Regelkessels auch einige sog. Mitteldrucklokomotiven mit Arbeitsdrücken um 2,5 MPa (25 kp/cm²).

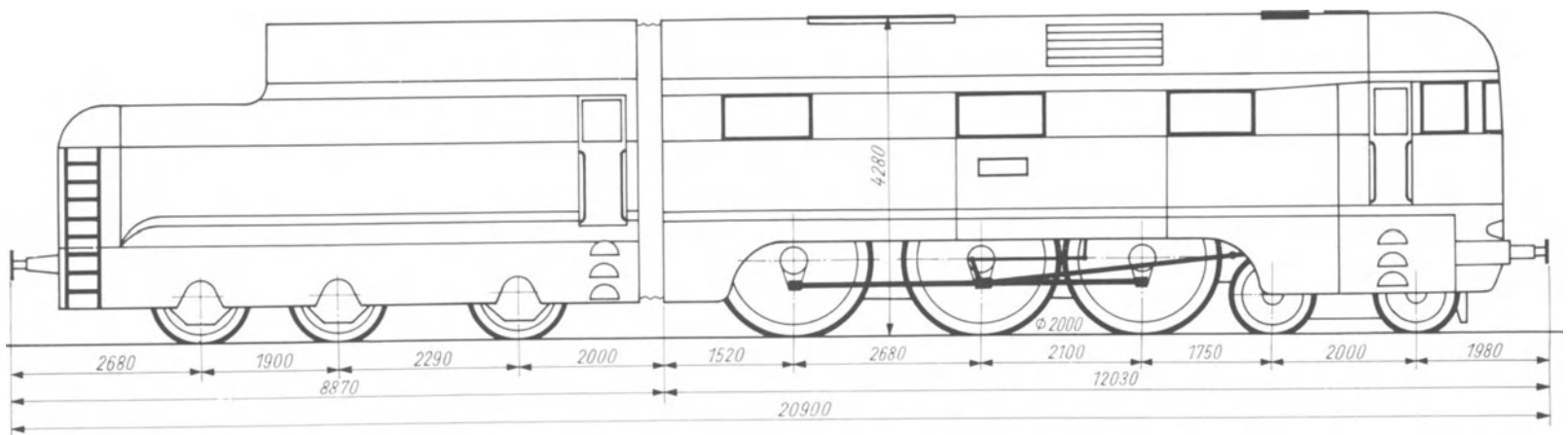
Hochdrucklokomotiven in Nordamerika

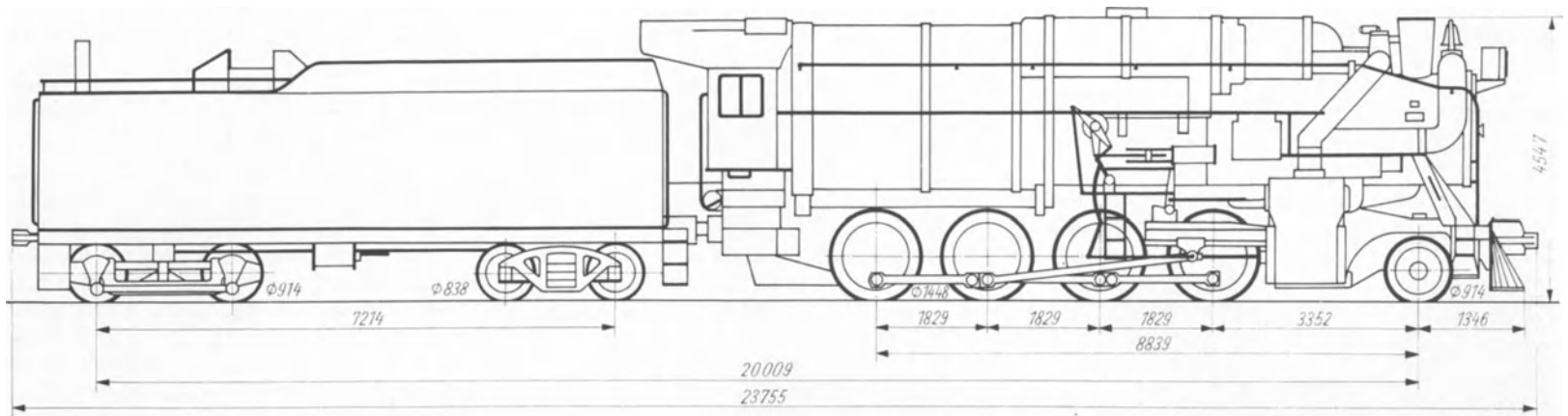
Versuche zur Verwendung hochgespannten Dampfes fanden in Nordamerika bei weitem nicht die Beachtung wie in Europa, wo kleine Wagenzugmassen bei hohen Kohlepreisen zu größter Wirtschaftlichkeit zwangen, während in Nordamerika mit seinen schweren Zügen und verhältnismäßig niedrigen Brennstoffpreisen der Anreiz zu thermodynamischen Verbesserungen nicht besonders groß war.

Die „Horatio Allen“

der Delaware & Hudson RR Comp.

1924 baute Alco die erste Hochdrucklokomotive der Delaware & Hudson RR Comp. mit der Achsfolge 1'D und der Betriebsnummer 1400. Die auf den Namen „Horatio Allen“ getaufte, nach Entwürfen des leitenden Chefingenieurs der Bahn, *Muhlfeld*, ausgeführte Maschine sollte gegenüber normalen 1'D-





Güterzuglokomotiven eine um 33 % höhere Zugkraft bei gleich großer Wasser- und Kohleersparnis ermöglichen.

Das Triebwerk bestand aus dem rechten Hochdruck- und dem linken Niederdruckzylinder; ihre Durchmesser wählte Alco zu 597 mm bzw. 1041 mm bei je 762 mm Hub; sie arbeiteten auf die mit 1448 mm großen Rädern ausgestattete dritte Kuppelachse; die Dampfverteilung besorgte eine Young-Steuerung; der Achsstand belief sich auf 8,84 m.

Bei der Festlegung des Dampfdruckes ging man tastend vor und beschränkte sich vorerst auf 2,46 MPa (24,6 kp/cm²). Der Kessel bestand aus einem unteren Hauptkessel sowie zwei Obertrommeln von je 750 mm Durchmesser, die sich als Dampfsammler von der Feuerbüchsrückwand bis beinahe zur vorderen Rohrwand erstreckten. An ihrem vorderen Ende sowie vor und hinter der Feuerbüchse waren sie untereinander und mit dem Hauptkessel durch wassergefüllte Kammern und im vorderen Teil noch untereinander durch vier Rohre verbunden. Die am Vorderende der Feuerbüchse gelegene Kammer bildete zugleich die Feuerbüchsenrohrwand, die am hinteren Ende enthielt die Feuertür. Als unterer seitlicher Abschluß der Feuerbüchse dienten zwei Grundrohre; Oberkessel und Grundrohre hatten als seitlichen Feuerbüchsenabschluß eine Verbindung durch zahlreiche Rohre; die Feuerbüchse enthielt zudem einen Feuerschirm. Der Hauptkessel von 1650 mm Durchmesser stand völlig unter Wasser und enthielt eine Reihe von Heiz- und Rauchrohren. Man er-

zielte mit diesem Spezialkessel eine Rostfläche von 6,63 m², seine Heizfläche schloß 297,7 m², die des Überhitzers 53,8 m² ein.

Bei einer Dienstmasse von 157,7 t und einer Reibungsmasse von 135,3 t entwickelte diese Lokomotive eine Zugkraft von 382 kN (38,2 t) in Zwillings- und von 318 kN (31,8 t) in Verbundanordnung arbeitend. Der im hinteren Drehgestell des 89,6 t schweren, 34 m³ Wasser und 13,8 t Kohle fassenden Tenders angeordnete Booster konnte diese Werte noch um 89 kN (8,9 t) steigern.

Während des Einsatzes im schweren Güterzugdienst unterwarf man die „Horatio Allen“ eingehenden Versuchen; dabei konnte ein Wirkungsgrad von 8,73 % ermittelt werden, ein für die USA beachtlich hoher, im Vergleich zu guten europäischen Heißdampf-Verbundlokomotiven aber eher bescheidener Wert. Nach einer Laufleistung von 280 000 km auf dem relativ kleinen Netz der Delaware & Hudson RR Comp., jedoch fast immer vor schweren Zügen auf langanhaltenden Steigungen, stellte man 1934 die 1400 im Gefolge der Wirtschaftskrise außer Dienst und verschrottete sie 1942. Im Einsatz bewährte sie sich an sich gut, mit dem Kessel und allen anderen Komponenten gab es keine größeren Probleme; freilich blieb sie als Einzelgänger teuer in der Unterhaltung.

Die „John B. Jervis“ der Delaware & Hudson RR Comp.

Im Februar 1926 stellte die Delaware & Hudson RR Comp. ihre zweite Hochdrucklokomotive mit der Betriebsnummer 1401 unter dem Namen „John B. Jervis“ in Dienst. Die

1'D-Maschine entsprach im allgemeinen der ersten Lokomotive, jedoch wählte Alco einen Dampfdruck von 2,8 MPa (28 kp/cm²), der es erlaubte, den Zylinderdurchmesser auf 565 mm bzw. 965 mm zu verkleinern, während der Hub von 762 mm erhalten blieb.

Der Kessel mit seiner um 1 m² auf 7,6 m² vergrößerten Rostfläche verfügte, um eine Dampftemperatur von 370 °C erreichen zu können, über eine auf 65 m² angewachsene Überhitzerfläche, während die Heizfläche 290 m² einnahm. Zu den kleineren Verbesserungen zählte auch die Anwendung der Walschaert-Steuerung. Verschiedene Vereinfachungen, konstruktive Maßnahmen und die Verwendung hochfester Stähle ermöglichten eine Beschränkung der Dienstmasse auf 153 t, die Reibungsmasse blieb mit 134 t um 1,3 t unter der der Nr. 1400, die Zugkraft erreichte 386,5 kN (38,65 t) bei Zwillings- und 321 kN (32,1 t) bei Verbundwirkung; der im hinteren Tenderdrehgestell angeordnete Booster konnte sie noch um jeweils 89,2 kN (8,92 t) erhöhen.

Um die Zwischenhalte einzuschränken, hatte die Lok einen sechssachsigen Drehgestellender von sehr großem Fassungsvermögen; bei 137 t Dienstmasse nahm er 60 m³ Wasser und 18,2 t Kohle auf.

Auch diese Hochdrucklokomotive lief mehrere Jahre im schweren Güterzugverkehr und zeichnete sich dabei durch sparsamen Verbrauch aus. Ebenso wie ihr Vorläufer fiel die 1401 im Jahre 1934 nach 135 000 km Laufleistung der Wirtschaftskrise zum Opfer; die Verschrottung erfolgte im Mai 1942.

Die „James Archibald“ der Delaware & Hudson RR Comp.

Die dritte Hochdrucklokomotive, „James Archibald“, Betriebsnummer 1402, entstand 1930 ebenfalls in den Werkstätten von Alco. Sie unterschied sich nur wenig von ihren Vorgängerinnen, jedoch stieg der Kesseldruck auf 3,5 MPa (35 kp/cm²) bei sonst gleicher Bauform an; demgemäß wählte man für die Zylinder 521 mm bzw. 902 mm Durchmesser bei 813 mm Hub. Der nochmals vergrößerte Überhitzer ermöglichte mit seiner Heizfläche von 96 m² Dampftemperaturen von 400 °C, die Heizfläche wuchs ebenfalls geringfügig an und erreichte 319,1 m², während die Rostfläche mit 7,6 m² der der „John B. Jervis“ entsprach.

Dienst- und Reibungsmasse stiegen bei einer Länge über Kupplung von 28,365 m auf 161,4 t bzw. 136 t an, die Zugkraft sank wegen der Vergrößerung des Kuppelraddurchmessers auf 1600 mm etwas ab. Gegenüber der 1401 fiel der Tender etwas kleiner aus; bei 126 t Dienstmasse konnte er 53 m³ Wasser und 16 t Kohle aufnehmen. Er lief auf einem vorderen zweiachsigen und einem hinteren dreiachsigen Drehgestell, dessen beide vorderen Achsen mittels Booster zur Zugkraftherhöhung zur Verfügung standen. Auch diese Lokomotive schied aus den schon dargelegten Gründen 1935 aus dem Dienst aus.

Die „L. F. Loree“ der Delaware & Hudson RR Comp.

Bei der vierten und letzten Hochdrucklokomotive der Delaware & Hudson RR Comp., der 2'D-Maschine „L. F. Loree“ mit der Betriebsnummer 1403, handelte es sich zugleich um die einzige 1932 in den USA in Auftrag gegebene Lokomotive.

Lauf- und Triebwerk zeigten einige wichtige Neuigkeiten. Um das Druckgefälle besser nutzen zu können, ging man zur dreistufigen Dehnung über. Zwei waagerechte Niederdruckzylinder mit 838 mm Durchmesser lagen wie üblich vorn unterhalb der Rauchkammer, je einer der schwach geneigten Hoch- bzw. Mitteldruckzylinder von 508 mm bzw. 699 mm Durchmesser befand sich rechts bzw. links unter dem Führerhaus hinter der Feuerbüchse. Alle vier Zylinder mit

813 mm Hub arbeiteten auf die zweite Kuppelachse. Auf Grund der guten Erfahrungen mit der Ventilsteuerung an zwei Versuchslokomotiven der Bahngesellschaft entschloß man sich in Anbetracht der immer wieder auftretenden Schwierigkeiten mit der Schmierung unter hohem Druck zu ihrer Anwendung in der Ausführung nach Dabeg. Alle Zylinder verfügten über ein Einlaß- und ein oder zwei Auslaßventile. Beim Anfahren erhielten alle Zylinder automatisch Frischdampf – ein Vorgang, den der Lokführer auch manuell auslösen konnte. Die durch das komplizierte Triebwerk auf 173 t erhöhte Dienstmasse erforderte die Anwendung eines führenden Drehgestells statt der bisherigen Bisselachse; den Kuppelraddurchmesser wählte Alco wieder zu 1600 mm; alle Stangen bestanden aus hochfestem Stahl, den Rahmen bildete ein einziges Stahlgußstück, der Achsstand belief sich auf 10,287 m.

Der weiter verbesserte Kessel entsprach weitgehend dem der drei Vorgänger, der Dampfdruck belief sich auf 3,5 MPa (35 kp/cm²), die Rostfläche auf 7,2 m², die Heizfläche auf 311,7 m², zuzüglich 100 m² für den Überhitzer. Bei einer Reibungsmasse von 141,8 t erzielte die 1403 eine Zugkraft von 340 kN (34 t) bei Verbund- und von 410 kN (41 t) bei Einfachdehnung; der Booster konnte diese Werte noch einmal um 8,2 t steigern. Der 125 t schwere Tender für 53 m³ Wasser und 16 t Kohle hatte zwei Drehgestelle, ein vorderes zwei- und ein hinteres dreiachsiges; letzteres enthielt auch den alle Achsen antreibenden Booster.

Bei Versuchsfahrten ergab sich ein Wirkungsgrad von 12 % bei optimaler Leistung; damit handelte es sich bei der 1403 um die damals wirtschaftlichste Dampflokomotive der USA. Der Antrieb durch die vier Zylinder ergab eine gleichmäßige Zugkraftentwicklung und ermöglichte eindrucksvolle Bergfahrten. Die hohe Beanspruchung des Hauptkuppelzapfens ergab aber auf Dauer unlösbare Schwierigkeiten; ebenso gewährleisteten die langen Antriebswellen der Ventilsteuerung infolge sich vergrößernder Toleranzen und durch Formänderungen keine exakte Arbeitsweise. Stopfbüchsenpackungen und Zylinderschmieröle hielten dem Hochdruckdampf nicht stand; es gab deshalb

häufig Undichtheiten und Ölverkokungen. Nach nur 16 000 km Laufleistung gab man auch diese Lokomotive auf; 1942 erfolgte die Verschrottung.

Die 8000 der Canadian Pacific Rw.

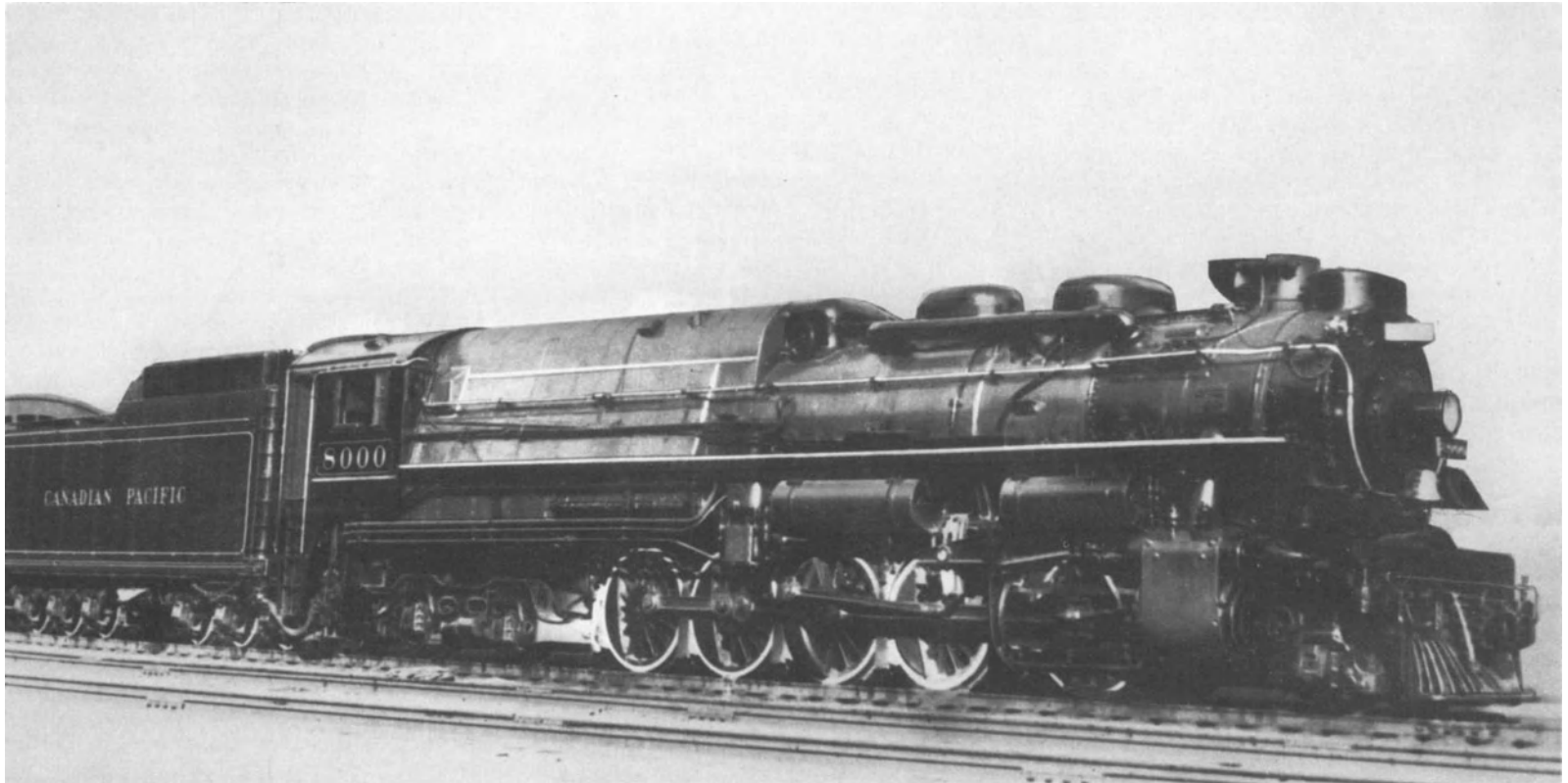
Neben der Delaware & Hudson RR Comp. erprobten noch zwei weitere nordamerikanische Bahnen je eine Hochdrucklokomotive. So entschloß sich der damalige leitende Maschineningenieur der Canadian Pacific Rw., *H. B. Bowen*, Ende der 20er Jahre dazu, eine der neuen und sehr leistungsfähigen 1'E2'-Lokomotiven der Selkirk-Reihe mit einem Hochdruckkessel bauen zu lassen. Alco, die Schmidtsche Heißdampfgesellschaft und ihre amerikanische Tochterfirma entwickelten gemeinsam alle Komponenten. Im prinzipiellen Aufbau entsprach die in den Angus-Bahnwerkstätten gebaute, als Nr. 8000 eingeordnete Maschine der deutschen H17 206, jedoch fielen die Abmessungen und Massen erheblich größer aus.

Als Hauptdaten gelten: Zylinderdurchmesser 394 mm bzw. 610 mm, Hub 584 mm bzw. 762 mm, Kuppelraddurchmesser 1600 mm, Achsstand 14,49 m, Kesseldruck im Primärsystem 9,5 MPa (95 kp/cm²), Kesseldruck im Sekundärsystem 6 MPa (60 kp/cm²), Kesseldruck im Niederdruckteil 1,76 MPa (17,6 kp/cm²), Rostfläche 7,16 m², Heizfläche 417 m², Überhitzerfläche 190 m², Länge über Kupplung 30,26 m, Dienstmasse 224 t, Reibungsmasse 147,5 t, Zugkraft 410 kN (41 t), Höchstgeschwindigkeit 105 km/h, sechssachsiger Drehgestelltender mit 136 t Dienstmasse für 45 m³ Wasser und 16,4 m³ Heizöl.

Vom Mai 1931 bis zum September 1936 legte die 8000 81 500 km zurück; dabei fand der erste Teil der Probefahrten auf dem östlichen Netz, meist zwischen Montreal und Smith Falls statt. Anschließend befuhr sie die westlichen Gebirgsstrecken, wobei sie Außergewöhnliches leistete. Mit dem Kessel gab es etliche Schwierigkeiten, die in keinem Verhältnis zur durchschnittlichen Brennstoffersparnis von 15 % standen und die schließlich zur Ausmusterung und der im Dezember 1940 durchgeführten Verschrottung führten.

Die 800 der New York Central

1931 lieferte Alco an die New York Central



die einzige USA-Lokomotive des Systems Schmidt. Im prinzipiellen Aufbau bot dieser 2'D2'-Typ mit der Betriebsnummer 800 nichts Neues, auch nicht in der Ausführung der konstruktiven Einzelheiten, die der US-Praxis entsprachen.

Hier die wichtigsten technischen Daten: Dreizylindertriebwerk, Zylinderdurchmesser 337 mm bzw. 584 mm, Hub 762 mm, Kuppelraddurchmesser 1753 mm, Achsstand 13,54 m, Kesseldruck im Primärsystem 9 MPa (90 kp/cm²), Kesseldruck im Sekundärsystem 6 MPa (60 kp/cm²), Kesseldruck im Niederdruckteil 1,75 MPa (17,5 kp/cm²), Rostfläche 6,05 m², Heizfläche 367 m², Überhitzerfläche 169 m², Dienstmasse 197 t, Reibungsmasse 114 t, Zugkraft 300 kN (30 t) ohne und 360 kN (36 t) mit Booster, Höchstgeschwindigkeit 96 km/h, Wasservorrat 18,9 m³, Kohlevorrat 25,5 t.

Diese Lokomotive stand nur kurze Zeit im Probetrieb; konstruktive und wirtschaftli-

che Schwierigkeiten gaben Veranlassung zu ihrer baldigen Aussonderung.

Hochdrucklokomotiven in Europa

Die H17 206 der Deutschen Reichsbahn

Anfang 1925 trat die Schmidtsche Heißdampfgesellschaft zusammen mit der Firma Henschel mit dem Vorschlag an die Deutsche Reichsbahn heran, eine Versuchsmaschine nach dem System Schmidt zu bauen. Wegen des damals sehr hohen Kohlepreises zeigte sich die Deutsche Reichsbahn interessiert und bestellte so die erste Hochdruck-Dampflokomotive Europas.

Zur Kostenersparnis entschloß man sich für die Umrüstung einer 2'C-h3-Lokomotive der Reihe 17², die auch genügend Spielraum für die noch nicht genau kalkulierbare Kesselmasse zuließ. Das Dreizylindertriebwerk mit Rahmen und Laufwerk blieb erhalten; nur der mittlere Zylinder entstand wegen des höheren Anfangsdruckes neu. Die Zylinder hat-

ten einen Durchmesser von 290 mm bzw. 500 mm bei 630 mm Hub, sie wirkten auf 1980 mm große Kuppelräder, der Achsstand blieb mit 9,15 m ebenfalls erhalten.

Gänzlich neu entstand der Kessel. Wegen des gewählten Arbeitsdruckes von 6 MPa (60 kp/cm²) ergab sich die Notwendigkeit einer zweistufigen Dampfdehnung, wobei die Expansion im Hochdruckzylinder bis auf 1 MPa (10 kp/cm²) herabgehen konnte. Damit die wegen des ölhaltigen Dampfes als zu gefährlich erscheinende Zwischenüberhitzung entfallen konnte, entwickelte man einen Zweidruckkessel mit einem Hoch- und einem Niederdruckteil. Letzterer lieferte überhitzten Dampf mit 1 MPa (10 kp/cm²) bis 1,4 MPa (14 kp/cm²) Druck, der dem Abdampf des Hochdruckzylinders beigemischt wurde und dessen Temperatur wesentlich anhub. Der Hochdruckkesselteil bestand aus einem geschlossenen Primärkreislauf unter einem Druck von 9 MPa (90 kp/cm²) und einem offenen Sekundärkreislauf, der den Ar-

beitsdampf lieferte. Die Verdampferrohre des Primärkreislaufes bildeten die Feuerbüchse; in einer über ihr gelagerten Verdampfertrommel gab der Dampf des Primärkreislaufes über Rohrschlangen seine Wärme an den Arbeitsdampf ab. Nach vorn schloß sich der normale Niederdruckkessel an, der auch die Überhitzer für beide Druckbereiche aufnahm. Der Hauptvorteil der indirekten Beheizung der Hochdrucktrommel bestand darin, daß die dem Feuer ausgesetzte Heizfläche nur mit destilliertem Wasser in Berührung kam, so daß keine Kesselsteinbildung auftreten konnte. Im Ursprungszustand hatte der Kessel 2,47 m² Rost-, 137,8 m² Heiz- und 79,8 m² Überhitzerfläche.

An weiteren technischen Daten der als H17 206 eingestuftten Lokomotive sind noch die Dienstmasse von 92,08 t, die Reibungsmasse von 60,19 t, die Länge über Puffer von 21,2 m und die Höchstgeschwindigkeit von 110 km/h erwähnenswert; der unveränderte Tender faßte bei 66,6 t Dienstmasse 31,5 m³ Wasser und 7 t Kohle.

Nach Abschluß aller Umbauarbeiten im Herbst 1925 kam die H17 206 zunächst zur Verkehrsausstellung nach München, aber erst 1926 konnte sie nach Behebung erster Mängel dem Versuchsamt Grunewald überstellt werden. Im März 1927 begannen dort die Versuchsfahrten, die gegenüber den neuen Einheitslokomotiven der Reihen 01 und 02 eine Kohleersparnis von 7 bis 12 % ergaben. Nach einem Kesselumbau bei Henschel folgten ab Februar 1928 weitere Fahrten; im Vergleich zur Ausgangsbauart der Reihe 17² sank der Kohleverbrauch um 25 %; allerdings galt die 17² nicht gerade als sehr sparsam. Ab Anfang 1930 kam die Maschine zusammen mit den neuen 01ern in den Schnellzugdienst beim Bw Kassel, dabei traten nach 35 000 km mehrere Rohrreißer auf. Die Deutsche Reichsbahn entschloß sich deshalb dazu, die H17 206 außer Dienst zu stellen, um nicht weitere riskante Pannen auf sich nehmen zu müssen. Zudem erwiesen sich die Einsparungen im Vergleich mit den hohen Unterhaltskosten als doch nicht so bedeutsam wie erhofft; außerdem sank inzwischen der Kohlepreis auf fast ein Drittel. 1936 erfolgte deshalb die Ausmusterung.

Die Eb3/5 der Schweizerischen Bundesbahnen

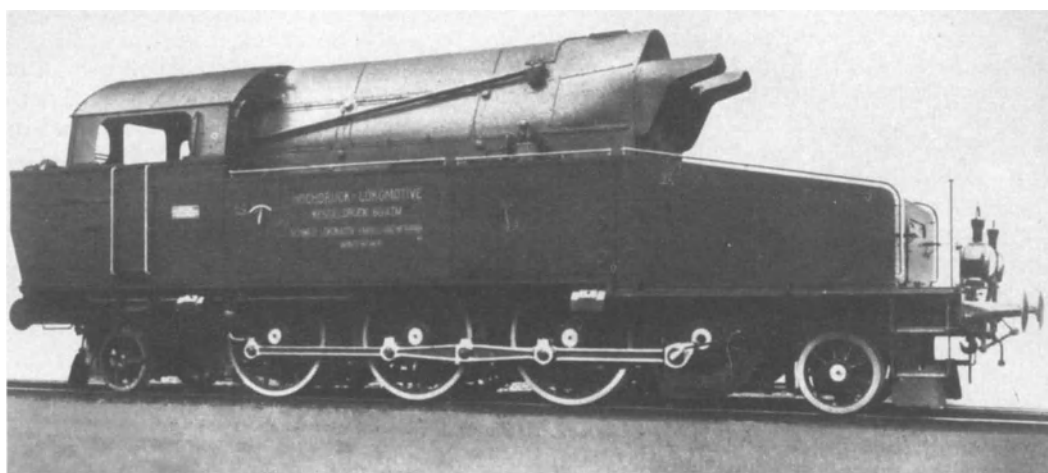
1926 entschloß sich die SLM-Winterthur dazu, auf eigene Rechnung eine 1'C1'-Hochdrucklokomotive zu bauen. Ihre Endmontage erfolgte nach der stationären Erprobung von Kessel und Dampfmotor im November 1927. Als Antriebsmaschine diente ein schnelllaufender, ventilsteuerter Dreizylinder-Gleichstromdampfmotor mit einfacher Dampfdehnung, der zahlreiche Vorteile aufwies. So blieben die Abmessungen, zumal bei dem hohen Arbeitsdruck, relativ klein; ferner gestattete die Ventilsteuerung besonders hohe Dampftemperaturen, und da Kurbeltrieb und Steuerung im Ölbad liefen, ließ sich ein geringer Verschleiß erwarten. SLM wählte einen Zylinderdurchmesser von 215 mm bei 350 mm Hub; bei 700 U/min leistete der Motor maximal 1100 kW (1496 PS). Vorn vor dem Kessel, waagerecht auf dem Lokomotivrahmen gelagert, wirkte er über ein Parallelkurbelgetriebe auf die 1520 mm großen Kuppelräder.

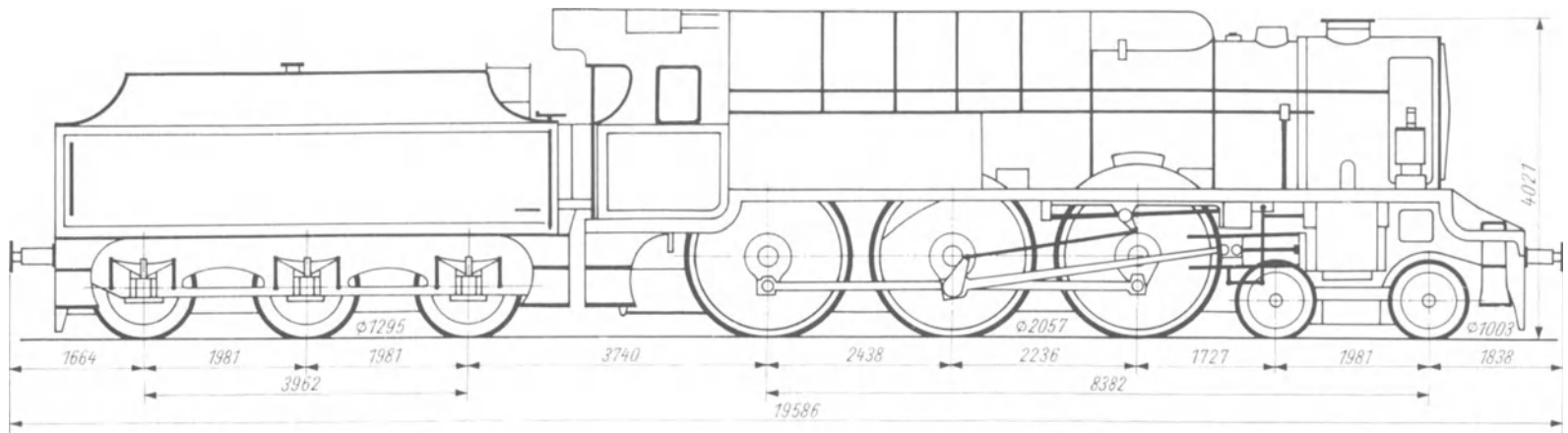
Mit Rücksicht auf einen vertretbaren Bauaufwand und in Hinsicht auf einen hohen Wirkungsgrad wählte man als Kesseldruck 6 MPa (60 kp/cm²). Obere und seitliche Wasserrohre bildeten gemeinsam mit an Vorder- und Rückwand befindlichen Doppelwänden die Feuerbüchse. Die Rauchgase strömten vom 1,33 m² großen Rost durch die vordere Wasserwand, bestrichen den Überhitzer und den Rauchgasspeisewasservorwärmer und

verließen schließlich durch die Rauchkammer und den Schornstein den Kessel. An beiden Rauchkammerseitenwänden befanden sich Verbrennungsluftvorwärmer, die allerdings wegen ihres geringen Nutzens schon bald entfielen. Den oberen Kesselabschluß bildete eine große Trommel, in die auch das Speisewasser eintrat. Heiz- und Überhitzerfläche werden mit 97 m² bzw. 20 m² angegeben.

Die Tenderlokomotive kam bei 13,1 m Länge über Puffer auf 75 t Dienst- und 48 t Reibungsmasse, die Höchstgeschwindigkeit belief sich auf 80 km/h, die Vorratsbehälter nahmen 6,2 m³ Wasser und 2,7 t Kohle auf.

Im November 1927 begannen die Versuchsfahrten, die wegen der über einjährigen stationären Erprobung ohne Zwischenfälle verliefen und die die Schweizerischen Bundesbahnen veranlaßten, die Lokomotive in den planmäßigen Dienst einzustellen. Bei Vergleichen mit einer entsprechenden Regellokomotive erzielte die Eb3/5 eine Kohleersparnis von 35 % und einen Minderverbrauch an Wasser von 47 bis 55 %. Die Laufeigenschaften entsprachen auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten allen Anforderungen; das Anfahren verlief problemlos, und der Kessel befriedigte ebenfalls. Nach einer längeren Einsatzperiode in der Schweiz, aber auch in Österreich, folgten Meßfahrten in Frankreich, die zu verschiedenen Verbesserungen an Kessel und Dampfmotor führten. Danach stand die Eb3/5 längere Zeit im schweren





Reisezugdienst bei den SBB; da wegen der ausgedehnten Elektrifizierungsmaßnahmen dort aber kein Interesse mehr an einer solchen Lokomotive bestand, kam es 1940 zur Ausmusterung.

Die „Fury“ der London, Midland & Scottish Rw.

Auch in Großbritannien liefen verschiedene Hochdrucklokomotiven. Den Anfang machte die London, Midland & Scottish Rw. unter ihrem damaligen Maschineningenieur *Henry Fowler*. Er veranlaßte bei North British den Bau einer 2'C-h3-Schnellzuglokomotive mit einem Schmidtschen Hochdruckkessel. In ihren Hauptabmessungen entsprach sie der Royal-Scott-Klasse; den Kessel entwickelte die Herstellerfirma in Zusammenarbeit mit der Schmidtschen Heißdampfgesellschaft und deren britischer Tochtergesellschaft.

Als Hauptdaten der „Fury“ genannten Lokomotive sind bekannt: Zylinderdurchmesser 292/457 mm, Hub 660 mm, Kuppelraddurchmesser 2057 mm, Achsstand 8,38 m, Kesseldruck 9,8 MPa (98 kp/cm²) bis 12,6 MPa (126 kp/cm²) für den Primärteil, 6,3 MPa (63 kp/cm²) für den Sekundärteil, 1,76 MPa (17,6 kp/cm²) für den Niederdruckteil, Rostfläche 2,54 m², Heizfläche 142,1 m², Überhitzerfläche 76 m², Länge über Puffer 19,6 m, Dienstmasse 88,3 t, Reibungsmasse 64,1 t, Zugkraft 151 kN (15,1 t), Höchstgeschwindigkeit 145 km/h, Wasservorrat 15,9 m³, Kohlevorrat 5,6 t.

Nach der Fertigstellung Ende 1929 fanden einige Versuchsfahrten statt; dabei platzte

ein Rohr des Primärteiles, und der ausströmende Dampf tötete einen mitfahrenden Ingenieur. Daraufhin stellte man die „Fury“ ab und zerlegte sie 1935.

Die 10000 der London & North Eastern Rw.

Der leitende Maschineningenieur der London & North Eastern Rw., *Herbert Nigel Gresley*, widmete sich ebenfalls dem Problem der Hochdruckdampflokomotive. In Zusammenarbeit mit der Schiffswerft und Maschinenfabrik Yarrow & Co. in Glasgow entstand dort ein Hochdruckkessel eigener Bauart, der in den Abmessungen und in der Leistung zu den seinerzeit modernen 2'C1'-h3-Lokomotiven der Reihe A1 paßte.

Den Fahrzeugteil stellten die Bahnwerkstätten her; als Kraftquelle diente ein Vierzylinder-Verbundtriebwerk herkömmlicher Bauart. Im Lieferzustand betrug der Zylinderdurchmesser 305/508 mm bei 660 mm Hub; den Kuppelraddurchmesser wählte man zu 2032 mm, den Achsstand zu 12,192 m. Wegen der hohen Kesselmasse machte sich eine zweite hintere Laufachse erforderlich; Platzmangel verhinderte die Zusammenfassung beider Achsen zu einem Schleppgestell; Gresley bildete deshalb die vordere als Adams- und die hintere als Bisselachse aus, so daß die Achsformel zu 2'C1'1' lauten muß. Der Yarrow-Kessel für 3,16 MPa (31,6 kp/cm²) Dampfdruck setzte sich aus einer großen durchlaufenden Ober- und vier Untertrommeln sowie den senkrechten verbindenden Wasserrohren zusammen. Zwischen den beiden hinteren, etwas auseinanderge-

rückten Trommeln lag der 3,24 m² große Rost; die Heizfläche umfaßte 179,3 m², die Überhitzerfläche 12,6 m². Die Verbrennungsluft strömte von drei vorn befindlichen Öffnungen zwischen der inneren und der äußeren Kesselverkleidung zu beiden Seiten des Kessels in den Aschkasten und erwärmte sich dabei auf etwa 120 °C. Der Kessel fiel im Querschnitt so groß aus, daß er oben bis an die Fahrzeugumgrenzung reichte; ein Schornstein in der sonst üblichen Form fand daher keinen Platz mehr. Den vorderen Lokomotivteil bildete man deshalb stromlinienförmig aus und versah ihn mit Windleitblechen; die Rauchkammer erhielt eine Abschrägung, auf der der Schornstein saß.

Ausgerüstet kam die 22,9 m lange Maschine auf 105,1 t Dienst- und 63,5 t Reibungsmasse; ihre Höchstgeschwindigkeit lag bei 140 km/h.

Die Lokomotive erhielt einen der neuen für Langstreckenfahrten gedachten Korridortender der Bahngesellschaft, durch welchen das Personal während der Fahrt austauschbar war. Wie in Großbritannien vielfach üblich, hatte er eine Wasseraufnahmeeinrichtung zum Nachfüllen während der Fahrt aus zwischen den Schienen angebrachten Streckentrögen. Bei 63,4 t Dienstmasse nahm er 22,6 m³ Wasser und 9,1 t Kohle auf.

Am 12. 12. 1929 fand die erste Probefahrt der Nr. 10000 statt, gefolgt von der Stationierung in Gateshead, wo sie zusammen mit 2'C1'-Typen im Schnellzugdienst stand. Sie beförderte dabei zunächst zuverlässig und

recht sparsam 500-t-Züge über lange Strecken mit hohen Geschwindigkeiten. Im Laufe des weiteren Einsatzes ergaben sich aber vielfältige Schwierigkeiten; so erwies sich die Heizfläche als etwas knapp, die Dampftemperatur aber als zu hoch. Als Gegenmaßnahmen baute man einen Doppelschornstein ein und verkürzte die Überhitzer Elemente, was allerdings wiederum einen Zwischenüberhitzer erforderte. Auch die Kesselverkleidung hielt auf Dauer nicht dicht, und die Hochdruckzylinder mußten auf 254 mm Durchmesser verkleinert werden. Gresley entschied sich schließlich 1936 dazu, die 10000 mit einem Regelkessel auszurüsten; in dieser Form blieb sie bis 1960 erhalten.

Die H02 1001 der Deutschen Reichsbahn

Noch einmal unternahm die Deutsche Reichsbahn den Versuch, eine Hochdrucklokomotive zur Diensttauglichkeit zu bringen, als die Berliner Maschinenbau AG, vormals Schwartzkopff, die von Prof. Löffler die Rechte für dessen Kessel erwarb, an die Bahn zwecks Bau eines Prototyps herantrat. Entwicklung und Bau erfolgten in enger Zusammenarbeit beider Partner, wobei eine in Größe und Leistung der Reihe 01 entsprechende Maschine als erstrebenswert galt.

Der Hersteller wählte zwei außen liegende Hochdruckzylinder von 220 mm Durchmesser bei 660 mm Hub, einen innen liegenden Niederdruckzylinder von 600 mm Durchmesser bei ebenfalls 660 mm Hub sowie ein Fahrwerk mit 2000 mm großen Kuppelrädern und 12,4 m Achsstand.

Völlig aus dem Rahmen des Gewohnten fiel der Löffler-Kessel. Eine Speisepumpe drückte Wasser mit 12 MPa (120 kp/cm²) Druck durch einen Hochdruckvorwärmer in eine zwischen den Rahmenwangen gelagerte Verdampfertrommel. Aus deren Dampfraum saugte eine Umwälzpumpe den Hochdruck-Naßdampf ab und beförderte ihn in den der Feuerbüchse entsprechenden Hochdrucküberhitzer; von dort verzweigte sich das System auf die Verdampfertrommel und die Dampfmaschine, die Dampf von etwa 10,5 MPa (105 kp/cm²) Druck erhielt. In der Verdampfertrommel trat der Hochdruck-Heißdampf durch ein Rohr mit feinen Austrittsbohrungen in das Wasser über, welches dabei verdampfte. Der expandierte Ar-

beitsdampf durchlief mit nunmehr 1,8 MPa (18 kp/cm²) Druck einen Ölabscheider und einen Wärmeübertrager, der Niederdruckdampf von 1,5 MPa (15 kp/cm²) Druck erzeugte. Der im Wärmeübertrager kondensierte Dampf gelangte zur Hochdruck-Speisepumpe, und der Kreislauf begann erneut. Der entspannte Niederdruckdampf durchlief ein gewöhnliches Blasrohr und fachte so das Feuer an; der Kessel enthielt übrigens auch einen Verbrennungsluftvorwärmer. Bekannt sind die Rostfläche von 2,4 m², die Heizfläche von 153 m² und die Überhitzerfläche von 122 m². Der extrem hohe Arbeitsdruck beruhte darauf, daß sich die Dampfumwälzpumpen nur oberhalb eines Druckes von 10 MPa (100 kp/cm²) mit erträglichen Abmessungen und mäßigem Leistungsbedarf ausführen ließen; unterhalb dieses Grenzwertes lohnte der Löffler-Prozeß nicht.

Bei einer Länge über Puffer von 23,94 m kam die H02 1001 auf 115 t Dienst- und 60 t Reibungsmasse, ausreichend für eine Zugkraft von 115 kN (11,5 t). Der vierachsige Einheits tender faßte bei 61,5 t Dienstmasse 32 m³ Wasser und 10 t Kohle, die Höchstgeschwindigkeit lag bei 120 km/h.

Noch 1930 fanden erste Fahrten beim Versuchsamt Grunewald statt; dabei sparte die H02 1001 gegenüber der Reihe 01 17 bis 25 % Kohle ein; allerdings ereigneten sich auch so viele Störungen, daß die Deutsche Reichsbahn sich nicht einmal zu Probееinsätzen vor Planzügen entschließen konnte. 1934 brach sie alle Versuche ab und gab die Lokomotive an den Hersteller zurück, der sie 1945 verschrottete.

Die 241-B-1 der französischen PLM

In Frankreich bemühte sich besonders die PLM um die Schaffung moderner Dampflokomotiven. Im Oktober 1928 erhielt Henschel den Auftrag, eine der PLM-Reihe 241-A entsprechende 2'D1'-Schnellzuglokomotive mit Schmidtschem Hochdruckkessel zu liefern.

Henschel wählte ein Vierzylinder-Verbundtriebwerk, hielt sich aber sonst weitgehend an die Ausführung der deutschen H17 206; den Kessel modifizierte man etwas auf Grund der bisherigen Erfahrungen.

Hier die technischen Daten der Lokomotive:

Zylinderdurchmesser 240/560 mm, Hub 650/700 mm, Kuppelraddurchmesser 1800 mm, Achsstand 13 m, Kesseldruck im Primärsystem 11 MPa (110 kp/cm²), Kesseldruck im Sekundärsystem 6 MPa (60 kp/cm²), Kesseldruck im Niederdruckteil 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 3,89 m², Heizfläche 185 m², Überhitzerfläche 95 m², Länge über Puffer 16,125 m, Dienstmasse 114,5 t, Reibungsmasse 74 t, Höchstgeschwindigkeit 110 km/h, Wasservorrat 30 m³.

Mit der am 30. 5. 1930 an die PLM als 241-B-1 gelieferten Lokomotive fanden zunächst zahlreiche Vergleichsfahrten mit einer 241-A statt; dabei entwickelte die Hochdrucklokomotive bei 95 km/h 1860 kW (2530 PS). Anschließend lief sie zunächst recht zufriedenstellend im Schnellzugdienst, wobei sich eine mittlere Kohleersparnis von 20 % ergab. Nach 100000 km ereignete sich ein Rohrreißer an einem Feuerbüchsenrohr des Hochdruck-Primärteiles, ohne daß dabei jemand zu Schaden kam. Obwohl diese Lokomotive die erfolgreichste Hochdrucklokomotive des Systems Schmidt war, konnte sich die PLM aber weder zu einem dauernden Einsatz noch zu einer Nachbeschaffung entschließen.

Die 7192 der London, Midland & Scottish Rw.

Nur eine Episode blieb die kleine B-Sentinel-Lokomotive der London, Midland & Scottish Rw. mit Doble-Hochdruckkessel aus dem Jahre 1934. Die Maschinenanlage entsprach der normaler Sentinels mit stehender Dampfmaschine und Kraftübertragung mittels Zahnradgetriebes, wobei jede Achse eine Zweizylinder-Verbundmaschine aufwies. Gegenüber den als sehr betriebssicher und sparsam geltenden Sentinel-Maschinen in Normalausführung konnte sich die Nr. 7192 aber nicht behaupten; schon im April 1939 zog man sie aus dem Verkehr.

Ergänzend auch hier einige technische Daten: Zylinderdurchmesser 114/184 mm, Hub 152 mm, Raddurchmesser 940 mm. Länge über Puffer 5,6 m, Dienstmasse 28 t.

Die Doble-Kleinlokomotive der Lübeck-Büchener Eisenbahn

Am 11. 1. 1935 stellte die private Lübeck-Bü-

chener Eisenbahn eine von Henschel gelieferte B-Kleinlokomotive mit Doble-Anlage als IDM 22 in Dienst. Gute Betriebserfahrungen mit einem Triebwagen ließen die Bahngesellschaft hoffen, ein wirtschaftlich arbeitendes Dampftriebfahrzeug für Einmannbedienung und rasche Betriebsbereitschaft schaffen zu können.

Im äußeren Aufbau und in den Abmessungen entsprach das Maschinchen den Motorlokomotiven der Deutschen Reichsbahn. Eine schnelllaufende Verbunddampfmaschine mit zwei Zylindern von 70 mm bzw. 120 mm Durchmesser bei 140 mm Hub, die bei 1000 U/min 90 kW (122 PS) leistete, wirkte über ein Getriebe und eine Blindwelle auf die 850 mm großen Räder. Ein ölgefeuerter, senkrecht stehender Zwangsdurchlauf-Wasserrohrkessel mit 10 m² Heizfläche gab Dampf unter einem Druck von 12 MPa (120 kp/cm²) ab. Die Doble-Anlage umfaßte weiterhin den vornliegenden belüfteten Kondensator, den 1,05 m³ fassenden Wasser- und den 0,3 m³ großen Öltank sowie verschiedene Nebeneinrichtungen. Bei 6,34 m Länge über Puffer und 2,5 m Achsstand kam man auf 16,9 t Dienstmasse, die eine Anfahrzugkraft von 27 kN (2,7 t) ermöglichte.

Bis Ende 1937 stand die Lokomotive im Rangierdienst, wo sie sich gut bewährte. Am 1. 1. 1938 kam sie als Kd4994 zur Deutschen Reichsbahn, die sie bis 1940 im Ursprungszustand beließ.

Die H45 024 der Deutschen Reichsbahn

Als letzte Hochdrucklokomotive der Welt erregte 1951 die 1'E1'-h3-Güterzuglokomotive H45 024 auf der Leipziger Frühjahrsmesse viel Aufsehen. Da die Deutsche Reichsbahn zu jener Zeit noch beabsichtigte, die Dampftraktion beizubehalten, schienen ihre Maßnahmen zur Wirkungsgradverbesserung noch durchaus sinnvoll. Als Einsatzgebiet war an den schnellen, schweren Güterzugdienst in der RBD Halle gedacht.

Zur Kostenersparnis erfolgte keine komplette Neukonstruktion, sondern die 45 024 bildete die Basis eines Umbaues, der in Zusammenarbeit zwischen dem LOWA-Versuchskonstruktionsbüro in Wildau, dem EKM-Dampfkesselbau in Meerane und dem Lokomotivbau „Karl Marx“ in Babelsberg erfolgte.

Während das Fahrwerk mit seinen 1600 mm großen Kuppelrädern und dem Achsstand von 13,6 m komplett erhalten blieb, kam für das Triebwerk nur zweistufige Dehnung in Frage. So gelangte ein neuer Mittelzylinder von 400 mm Durchmesser bei 720 mm Hub zum Einbau; die beiden Niederdruckzylinder von 720 mm Durchmesser bei 720 mm Hub änderten sich nicht.

Mit dem kohlenstaubgefeuerten La-Mont-Zwangsumlaufkessel für 4,2 MPa (42 kp/cm²) Dampfdruck fand ein einzigartig gebliebenes Bauelement Eingang in den Lokomotivbau. Als Kesselbasis diente eine U-förmige, unten offene Wanne, die den Verdampfer, den Überhitzer, die Rauchkammer mit dem Saugzuglüfter und den Speisewasservorwärmer sowie die Dampfabscheidertrommel aufnahm. Wegen des großen Feuerraumes, der sich beim La-Mont-Kessel ausbilden ließ, hielt man diese Bauart für Kohlenstaubfeuerung für gut geeignet.

Bei einer Länge über Puffer von 27 m kam die H45 024 auf eine Dienstmasse von 126 t, wovon 90 t auf die Kuppelachsen entfielen; als Höchstgeschwindigkeit sind 100 km/h bekannt. Um stets einwandfreies Speisewasser zur Verfügung zu haben, erhielt die Lok einen der von der Reihe 52 her bekannten vierachsigen Kondensatender; dieser nahm 10 m³ Wasser und 27 t Kohlenstaub auf.

Nach ersten Standversuchen im Werk und im Bw Seddin sollte im Sommer die erste Streckenfahrt von Seddin nach Drewitz stattfinden; doch schon nach 4 km war wegen erheblicher Dampfverluste das Kondenswasser verbraucht. Ein Tender der Reihe 03 sowie eine Tenderlokomotive der Reihe 74 dienten dann als behelfsmäßig zusätzliche Wasseraufbereitungsanlage, so daß einer zweiten Probefahrt nichts mehr im Wege stand. Nach nur 7 km Fahrt zwangen die rotglühenden Überhitzerrohre zum Abbruch auch dieses Versuches. Ein in Erwägung gezogener Kesselumbau fand nicht mehr statt, die Verschrottung der H45 024 erfolgte dann 1954. Abschließend sei noch an die 232-P-1 der französischen Nordbahn sowie an die kolumbianische Sentinel-Lokomotive erinnert, die beide Hochdruckkessel hatten, aber schon im Kapitel über Einzelachsantriebe Erwähnung fanden.

2.8. Lokomotiven mit Giesl-Ejektor

Der Blasrohranlage oblag die Zufuhr der Verbrennungsluft für die Feuerung und die Förderung der Verbrennungsgase durch den Kessel in Abhängigkeit von der Dampfentnahme: eine Vorrichtung, die schon *Richard Trevithick* an seiner ersten Lokomotive verwendete und die bis 1950 trotz zäher Entwicklungsarbeit nahezu unverändert blieb. Nachteilig bei den herkömmlichen Blasrohranlagen war insbesondere der niedrige Wirkungsgrad von etwa 10 %, d. h., die kinetische Energie des Abdampfes konnte nur in sehr beschränktem Umfang in Pumparbeit umgesetzt werden. Das bedingte Kessel mit kleinem Strömungswiderstand, zum Nachteil der Wärmeausnutzung und der Kesselleistung.

Der Giesl-Ejektor, benannt nach seinem Erfinder Dr. *Giesl-Gieslingen* aus Wien, benutzte statt der üblichen einen Blasrohröffnung mehrere, fächerförmig divergierende und durch Stege getrennte. Damit konnten die Rauchgase auch zwischen die einzelnen Dampfstrahlen eintreten, und die für die Mischung von Gas und Dampf erforderliche Strecke blieb mäßig, so daß reichlich Entwicklungshöhe für einen Diffusor mit hohem Energieumsetzungsgrad übrigblieb. Dadurch ließen sich die Blasrohrverluste senken, und es ergaben sich Pumpwirkungsgrade bis zu 40 %, also viermal so hoch wie sonst.

Dr. Giesl gelang es 1948 während eines Aufenthaltes in den USA, den Maschinendirektor des Chesapeake & Ohio für eine erste Probe an einer Verschiebelokomotive zu gewinnen. Die positiven Ergebnisse führten zur Zusammenarbeit mit den Schoeller-Bleckmann-Stahlwerken in Österreich, die den Vertrieb der Anlagen weltweit übernahmen.

Am 26. 10. 1951 machte die 2'D-Schnellzuglokomotive 33 107 der Österreichischen Bundesbahn ihre erste Fahrt mit dem Giesl-Ejektor; sie gilt als eigentlicher Ausgangspunkt einer raschen Entwicklung, in deren Folge viele Eisenbahnverwaltungen in Europa, aber auch in Afrika und in Japan Tau-

sende Giesl-Ejektoren einbauten. Sie erreichten damit Brennstoffeinsparungen bis zu 8 % und Leistungssteigerungen über 20 %. Auf Grund der Tatsache, daß sich die Anlagen durch die Kohleeinsparung schon nach einem Jahr amortisierten, entschied sich die Deutsche Reichsbahn dafür, über 500 Maschinen der Reihen 38¹⁰⁻⁴⁰, 50, 52 und 65¹⁰ umzurüsten.

2.9. Dampfturbinenlokomotiven

Die Entwicklung der Dampfturbinenlokomotive beruhte auf dem Gesichtspunkt, unter Beibehaltung der oberen Druck- und Temperaturgrenze des Regelkessels das Druckgefälle in der Dampfkraftanlage durch einen Kondensator bis in die Nähe des absoluten Vakuums zu treiben. Das Arbeiten mittels Unterdruckes bot die Möglichkeit, Leistung und Wirkungsgrad gegenüber Auspuffdampflokomotiven erheblich zu erhöhen; dabei verminderten sich der Dampf- und Brennstoffverbrauch mit zunehmendem Vakuum. Nebenbei entstand infolge des geschlossenen Wasserkreislaufes kesselsteinfreies Speisewasser; der geringe Wasserverlust erlaubte es außerdem, wasserarme Gebiete ohne Schwierigkeiten durchfahren zu können.

Die Expansion auf einen durch den Kondensator stark verringerten Unterdruck war theoretisch sowohl mit Kolbenmaschinen als auch mit Turbinen denkbar, praktisch bestanden allerdings wesentliche Unterschiede. In einer Dampfturbine kam der Dampf nicht mit geschmierten Flächen in Berührung, so daß nur die Güte der Schaufelwerkstoffe die Dampftemperatur begrenzte. Weiter blieb der Turbinenabampf völlig ölfrei und konnte so keine Kondensatorkühlflächen und Kesselheizflächen verschmutzen. Bei hoher Luftleere und damit weitgeführter Dampfexpansion nimmt das Dampfvolumen so zu, daß dies bei Nutzung von Kolbenmaschinen unerträglich große Zylinderabmessungen bedingt hätte, von den damit verbundenen Abkühlungs- und Drosselverlusten einmal ganz abgesehen. Dagegen konnte die Turbine auch große

Dampfvolumina verarbeiten und verfügte zu mindest in der ersten Entwicklungsstufe gerade im Gebiet des Unterdruckes über einen besonders günstigen Wirkungsgrad. Typisch für die zunächst gebauten Lokomotiven mit Kondensation waren die zahlreichen Hilfsmaschinen.

Problematisch blieb stets auch die Kraftübertragung. Mechanische Getriebe hatten zwar einen hohen Wirkungsgrad, stellten aber wegen der überaus hohen Turbinendrehzahlen und der großen zu übertragenden Leistungen schwierige und anfangs nur schwer beherrschbare Komponenten dar. Dagegen boten elektrische Kraftübertragungssysteme alle Vorteile ausgereifter Konstruktionen; sie verfügten über eine hohe Zuverlässigkeit, ermöglichten eine gute Anpassung an den Zugkraftverlauf und gestatteten eine freizügige Anordnung der Baugruppen. Als Nachteile galten ihre größere Masse und der nicht ganz befriedigende Wirkungsgrad.

Die Dampfturbine arbeitete nur bei konstanter Drehzahl und gleichbleibender Belastung wirtschaftlich, also nur im Langstreckendienst. Der für den Lokomotivdienst typische Intervallbetrieb – zusammen mit der überaus komplizierten, hohen Wartungsaufwand erfordernden Anlage – führte trotz hoher Wirtschaftlichkeit des Antriebssystems im Endeffekt doch nicht zu den erwarteten Einsparungen.

Im Laufe der Jahre gelang es durch sorgfältige Erforschung der Strömungsvorgänge in der Turbine, den Wirkungsgrad des Hochdruckteiles so zu verbessern, daß in Verbindung mit gestiegenen Kesseldrücken und höherer Dampfüberhitzung auch Dampfturbinen-Auspufflokomotiven unter Verzicht auf Kondensation interessant erschienen. Solche Lokomotiven nutzten die sonstigen Vorzüge der Dampfturbine, wie hohe Leistung bei kleiner Masse und mäßigem Volumen, gleichförmiges Drehmoment ohne unausgeglichene Massenkräfte und damit erhöhte Laufruhe, guten mechanischen Wirkungsgrad und geringen Eigenwiderstand, einfache Schmierung und Unterhaltung, die Zulässigkeit kleiner Kuppelräder und dadurch einen kurzen Achsstand. Diese Typen brachten es durchaus zur Betriebsreife, kamen aber zu spät, um vor dem Traktions-

wechsel noch Einfluß auf die weitere Entwicklung nehmen zu können.

2.9.1. Beluzzo- Dampfturbinenlokomotiven

Dem italienischen Professor *Giuseppe Beluzzo* ist die erste ausgeführte Dampfturbinenlokomotive zu verdanken. Nach seinen Vorschlägen baute 1908 die Mailänder Firma Miani-Silvestri eine kleine, dreifach gekuppelte Tenderlokomotive aus dem Jahre 1876 um. Beluzzo wählte, um mit kleinstem Aufwand die Brauchbarkeit des Turbinenantriebes prüfen zu können, die einfache Bauform der Auspuff-Dampfturbinenlokomotive.

Es entstand schließlich eine zweiachsige Tendermaschine, angetrieben von vier kleinen, an der Seite angeordneten und hintereinandergeschalteten, für beide Drehrichtungen geeigneten Turbinen, die über Getriebe direkt auf die Räder wirkten; der Abdampf strömte – wie üblich – über das Blasrohr ins Freie. Der Kessel lieferte Naßdampf mit einem Druck von 1 MPa (10 kp/cm²), seine Heizfläche umschloß 30 m². Bei einer Länge von 7,1 m über Puffer und 2 m Achsstand wog die kleine Maschine nur 26 t, die Leistung soll 74 kW (100 PS) betragen haben.

Zwölf Jahre lang stand sie im Rangiereinsatz. Hierbei zeigte sich, daß der Dampfverbrauch von 16 kg/h sich zwar im Bereich der damaligen Naßdampflokomotiven bewegte, für eine Dampfturbinenlokomotive aber noch nicht befriedigte.

Bis zum Jahre 1924 arbeitete Beluzzo ein neues Projekt für eine größere und leistungsstärkere Maschine mit Kondensationseinrichtung aus, das die Lokomotivfabrik Breda in Mailand aufgriff und durchkonstruierte. Die 1931 fertige 1'D1'-Schlepptenderlokomotive entsprach in der Größe etwa der Reihe 746; sie blieb die einzige Dampfturbinenlokomotive, bei der alle Bauelemente der Kraftanlage einschließlich Kondensator und Rückkühler auf dem Triebfahrzeug verblieben; der Tender diente wie üblich nur als Vorratsbehälter.

Um den Raum vor der Rauchkammer für die Rückkühlanlage freizubekommen, befand sich zwischen der zweiten und dritten Kup-

pelachse seitlich unterhalb des Kessels die Antriebsanlage, bestehend aus zwei getrennten Baugruppen, von denen die eine die Hoch- und Mitteldruckstufe und die andere zwei Niederdruckstufen enthielt. Über Getriebe, Blindwelle und Kuppelstangen erfolgte die Übertragung der Turbinenleistung von 1104 kW (1500 PS).

Der verhältnismäßig kurze Kessel entsprach der Regelbauart und wies keine Besonderheiten auf. Über einen unter der Rauchkammer gelegenen Speisewasservorwärmer gelangte der Abdampf in den über der ersten Kuppelachse befindlichen Kondensator. Die Kühlung des Kondensatorkühlwassers übernahm eine an der Stirnwand der Lokomotive installierte Kühlanlage; ein Lüfteraggregat unterstützte den natürlichen Luftzug und hielt ihn bei stehender Lokomotive aufrecht. Durch einen zweiten Schornstein gelangte die erwärmte Luft ins Freie, ein Rauchgasventilator sorgte für den nötigen Zug im Kessel.

Über Einsatz und Bewährung existieren keinerlei Unterlagen mehr; nach verschiedenen Berichten sollen nur einige Probefahrten erfolgt sein; eine Übernahme durch die Staatsbahn fand nicht statt.

2.9.2.

Reid-Ramsay-Dampfturbinenlokomotive

Kurz nach der Jahrhundertwende beschäftigten sich auch englische Ingenieure mit der Nutzung der Dampfturbine im Lokomotivbau.

1910 baute North British nach den Ideen von *Hugh Reid* und *Ramsay* eine Dampfturbinenlokomotive mit elektrischer Kraftübertragung und Kondensation. Die 132 t schwere und 20,4 m lange (2'Bo)(2'Bo)-Lokomotive ließ schon vom Äußeren her die Anordnung der Bauelemente erkennen. Zwei Drehgestelle mit 4,61 m Achsstand und 1219 mm großen Treibrädern bildeten die Fahrzeugbasis; ein Rahmen nahm von vorn nach hinten den Kühler, die Maschinenanlage und den Kessel auf. Als Kraftquelle diente eine Parsons-Turbine mit einer Leistung von 589 kW (800 PS) bei 3000 U/min; sie trieb über einen direktgekuppelten Gleichstromgenerator vier Reihenschlußfahrmotoren an.

Der Heißdampfkessel für 1,26 MPa (12,6 kp/cm²) Druck bei 125 m² Heizfläche entsprach der Regelbauart, da aber die Abdampf-Blaswirkung fehlte, führte ein Turbolüfter die an den Kondensatorrückkühlrohren vorbeigeführte und so vorgewärmte Verbrennungsluft der Feuerung zu.

Der Turbinenabdampf gelangte in einen Einspritzkondensator und von dort als Kondensatgemisch mit dem aus seitlichen Wasserbehältern bezogenen Einspritzwasser in einen Warmwasserausgleichsbehälter. Aus diesem Tank saugte die Kesselspeisepumpe an, eine zweite Pumpe förderte das Warmwasser durch den Röhrenluftkühler an der Lokomotivstirnwand und weiter in die seitlichen Wasserbehälter zurück.

Bis auf einzelne Probefahrten auf den Hauptstrecken der Caledonian & North British Rw. ist über einen Einsatz und die dabei erzielten Versuchsergebnisse nichts bekannt. Wahrscheinlich lag die Dienstmasse im Verhältnis zur Leistung zu hoch, so daß ein Teil der Ersparnisse durch den größeren Fahrwiderstand verloren ging; einen weiteren Teil zehrte die elektrische Kraftübertragungsanlage auf. Auch der Kühler fiel ziemlich knapp aus, und die gewählte Art der Luftvorwärmung brachte wegen der sehr bescheidenen Temperaturerhöhung der Verbrennungsluft von nur 50 K keinen praktischen Nutzen. Trotzdem stellte diese Lokomotive einen interessanten und durchaus ernst zu nehmenden Versuch dar.

2.9.3.

Ramsay-Dampfturbinenlokomotive

Nach dem ersten Weltkrieg stiegen in Großbritannien durch den Ausfall der deutschen Kohleimporte die Kohlepreise stark an; außerdem lief damals ein Unterbietungskampf zwischen einheimischen und amerikanischen Erdölgesellschaften, der, so schien es vielen, die Verbrennungsmotorlokomotiven zu einer ernststen Gefahr für die Dampflokomotiven werden ließ. Um letztere zu erhalten, mußte man sich um wirtschaftliche Verbesserungen bemühen.

Hugh Reid und *Ramsay*, bekannt durch ihre erste Versuchslokomotive, entwickelten deshalb – unabhängig voneinander – neue Dampfturbinenlokomotiven und konnten da-

bei mit der wohlwollenden Unterstützung der einschlägigen Industrie rechnen.

1921 nahm die Ramsay-Gesellschaft ihre Studien wieder auf und ließ bei Armstrong-Whitworth in Newcastle eine neue Lokomotive bauen. Sie bestand aus zwei ständig gekuppelten, völlig symmetrischen Fahrgestellen; die Achsformel lautete 1'C+C1'; der Kuppelraddurchmesser betrug 1219 mm, der Gesamtachsstand 18,1 m und die Länge über Puffer 21,22 m.

Auf dem vorderen Fahrzeugteil befand sich die bei 3600 U/min 883 kW (1200 PS) leistende neunstufige Parsons-Hauptturbine und der mit ihr elastisch gekuppelte 600-V-Drehstromgenerator. Je zwei Drehstromfahrmotoren mit 268 kW (365 PS) Stunden- und 206 kW (280 PS) Dauerleistung in jedem Fahrzeugteil trieben über eine Blindwelle die Kuppelräder an.

Eine Hilfsturbine mit Gleichstromgenerator lieferte den Erregerstrom, die Energie für alle Hilfstrieb- und den Strom für die Zugbeleuchtung.

Ebenfalls vorn lag der Regelkessel für 1,4 MPa (14 kp/cm²) Dampfdruck; er hatte eine Rostfläche von 2,64 m², 115,5 m² Heiz- und 27,9 m² Überhitzerfläche. Ein unter dem Führerstand platzierter Lüfter ersetzte das Blasrohr.

Trotz der bekannten Schwierigkeiten, eine bewegliche Vakuumeleitung dicht zu halten, entschloß sich Ramsay, den Kondensator getrennt von der vorderen Fahrzeuggruppe auf dem zweiten Triebgestell unterzubringen. Um die gelenkige Kupplung der immerhin 850 mm dicken Vakuumeleitung nicht allzu vierteilig zu machen, mußten die beiden Fahrzeughälften so gekuppelt werden, daß keine seitlichen Bewegungen an der Kupplungsstelle auftraten. Das ergab in Krümmungen bei der Ein- und Ausfahrt und besonders beim Befahren von Weichen starkes Zwängen und damit unsicheren und schweren Lauf.

Der Kondensator bestand aus einer Trommel, deren Mantel eine Vielzahl ringförmiger Rohre bildete; dieses Rohrbündel drehte sich langsam in einem bis zur Hälfte gefüllten Wassertank. Oberhalb der Wasseroberfläche strömte Kühlluft, die ein an der Rückwand angeordneter Lüfter lieferte, durch das aus dem Wasser ragende Kondensator-

teil; Speisewasser- und Kühlwasserkreislauf waren streng getrennt.

Von 154,1 t Dienstmasse standen 108,5 t für die Reibung zur Verfügung; damit lag die Anfahrzugkraft bei 100 kN (10 t) und die Dauerzugkraft bei einer Höchstgeschwindigkeit von 96 km/h bei 39 kN (3,9 t). Die Vorratsbehälter faßten 11,4 m³ Wasser und 4 t Kohle.

Bei der Erprobung zeigte sich, daß die Turbinenleistung selbst für die leichten britischen Schnellzüge nicht ausreichte; zudem ging davon ein beträchtlicher Teil durch die hohe Dienstmasse und die elektrische Kraftübertragung verloren. Auch die Herstellung und vor allem die Wartung der komplizierten Maschinerie fielen teurer als erwartet aus. So blieb es bei einigen im Jahre 1923 bei der Lancashire & Yorkshire R.W. und der London, Midland & Southern R.W. stattfindenden Probefahrten; schon 1924 verschrottete man dieses Triebfahrzeug.

2.9.4.

Mac-Leod-Reid-Dampfturbinenlokomotive

Schon 1924 folgte die nächste Dampfturbinenlokomotive Großbritanniens, diesmal nach dem Entwurf von *James Mac Leod* und *Hugh Reid*, hergestellt von North British. Es handelte sich um ein Drehgestellfahrzeug der Achsfolge (2'B)(B2') mit einer ganz neuen Antriebsanordnung, befanden sich doch Hoch- und Niederdruckturbine mit Getriebe direkt in je einem der Drehgestelle.

Jede Turbinengruppe leistete 368 kW (500 PS) und bestand aus Haupt- und Rückwärtsturbine; je nach Fahrtrichtung lief eine der beiden leer mit. Über ein zweistufiges, doppelwirkendes Kegelstirnradgetriebe und über eine Hohlwelle mit Federkupplung erfolgte die Kraftübertragung auf die 1219 mm großen Kuppelräder. Bei 20,43 m Länge über Puffer wies die Lokomotive einen Gesamtachsstand von 16,61 m und einen Drehgestellachsstand von 4,61 m auf.

Der Kessel befand sich hinter dem Mittelführerhaus, er lieferte überhitzten Dampf von 1,26 MPa (12,6 kp/cm²) Druck an die im hinteren Drehgestell gelagerte Hochdruckturbine, von dort strömte er durch zwei bewegliche Rohre zur vorderen Niederdruckturbine und von hier in den vorn befindlichen Kondensator. Ein Lüfter drückte Frischluft durch den Aschkasten in die Feuerbüchse, eine Automatik stellte ihn beim Öffnen der Feuer- tür ab.

Im Kondensator erfolgte der Dampfniederschlag infolge Berieselung eines Rohrsystems; zusätzlich durch das Rieselwasser hindurchgeleitete Luft förderte die Verdunstung und damit die Kühlwirkung; die Kühltluftführung unterstützte ein an der Stirnwand angeordneter Lüfter. Das Kondensat gelangte in einen Heißwasser-Ausgleichsbehälter und von dort über einen Speisewasservorwärmer in den Kessel; entstehende Kühlwasserverluste mußten von Zeit zu Zeit ergänzt werden; dagegen durchfloß das Speisewasser einen geschlossenen Kreislauf.

Erste Versuche auf dem Prüfstand befriedigten, aber nachfolgende Fahrten zwischen Glasgow und Edinburgh, wobei die Höchstgeschwindigkeit 97 km/h und die maximale Zugkraft 86 kN (8,6 t) betrug, machten klar, daß die Leitungsübergänge zwischen den Drehgestellen und dem Aufbau nicht dicht zu halten waren. Auch der komplizierte Gesamtaufbau führte dazu, daß die Mac-Leod-Reid-Dampfturbinenlokomotive nur ein Prototyp blieb.

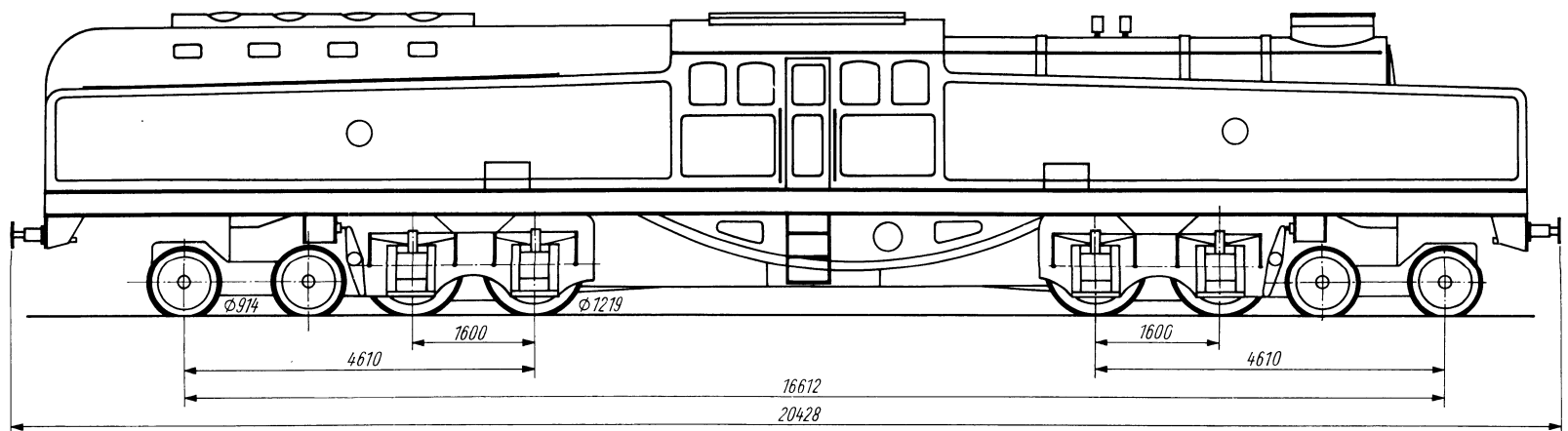
2.9.5.

Ljungström-Dampfturbinenlokomotiven

Die erste Versuchslokomotive

Die jetzt zu besprechende Dampfturbinenlokomotive der Bauart Ljungström ist ein interessantes Beispiel dafür, wie ein hochbegabter Ingenieur – beschlagen auf vielen Gebieten des Maschinenbaues und über die Problematik des Lokomotivbaues im wesentlichen unterrichtet, ohne jede Anlehnung an übliche Bauformen, theoretisch völlig korrekt und auf äußerste Brennstoffersparnis hin durchdacht – an die Lösung des Dampfturbinenlokomotivproblems heranging, ohne allerdings Rücksicht zu nehmen auf praktische Forderungen, wie lange Lebensdauer, Robustheit und Wartungsfreundlichkeit.

Frederik Ljungström entwickelte in enger Zusammenarbeit mit der schwedischen Staatsbahn und mit dem Hersteller, der Aktiebolaget Ljungström Ängturbin, 1921 die erste Ljungström-Dampfturbinenlokomotive.



Er vereinigte Kondensator und Rückkühler zu einem ohne Verdunstung arbeitenden Luftkühler und ordnete diesen auf dem zweiten Teil des Gelenkfahrzeuges an. Das bedeutete folgerichtig, daß sich auch die Turbine auf dem hinteren Fahrzeugteil befinden mußte, wollte man die nicht dicht zu haltenden gelenkigen Vakuumleitungen umgehen. Der vordere Fahrzeugteil trug den Kessel und hatte keinen Antrieb; als Achsanordnung ergab sich daraus die Formel 2'3+C1.

Die mehrstufige Axialturbine leistete bei 9200 U/min 1325 kW (1800 PS) und wirkte über ein Vorgelege und eine Blindwelle auf die 1430 mm großen Kuppelräder. Sie erhielt den Dampf durch ein durch das Führerhaus führendes Gelenkdampfrohr – eine Anordnung, die bei einem Rohrbruch zu üblen Folgen hätte führen können. Ebenso bedeutete die Lagerung der Turbine direkt hinter der Führerhausrückwand durch die damit verbundene starke Geräuschbildung eine starke Belästigung. Da die Turbine sich nur für eine Laufrichtung ausbilden ließ, ermöglichten einschaltbare Wechselräder im Getriebe auch die Rückwärtsfahrt. Da der Antriebsteil einen Außenrahmen aufwies, konnte das ganze Triebwerk staubgeschützt im Ölbad laufen, sein Gesamtachsstand betrug 7,05 m. Als Dampferzeuger diente ein Regelkessel für einen Betriebsdruck von 2 MPa (20 kp/cm²). Auffallend waren die mit 2,6 m² Rost-, 115 m² Heiz- und 80 m² Überhitzerfläche klein ausgefallenen Abmessungen. Ein Teil der Rauchgase diente in dem unter der Rauchkammer befindlichen Luftvorwärmer zum Erhitzen der Verbrennungsluft auf etwa 150 °C; ein Turbolüfter saugte die Rauchgase ins Freie. Über dem Stehkessel befand sich, für den Betrieb denkbar ungünstig, der 7 t fassende Kohlebehälter.

Der Kessel ruhte auf einem Blechrahmen; sowohl für das vordere Drehgestell als auch für die drei fest gelagerten Achsen wählte man die Außenrahmenform; der Raddurchmesser fiel mit 970 mm recht klein aus, der Gesamtachsstand des Kesselfahrzeuges belief sich auf 7,05 m.

Der 9 m lange Kondensator nahm fast den ganzen Raum des Triebtenders ein. Er bestand aus einem unteren großen und einem darüber angeordneten kleineren Kessel, von

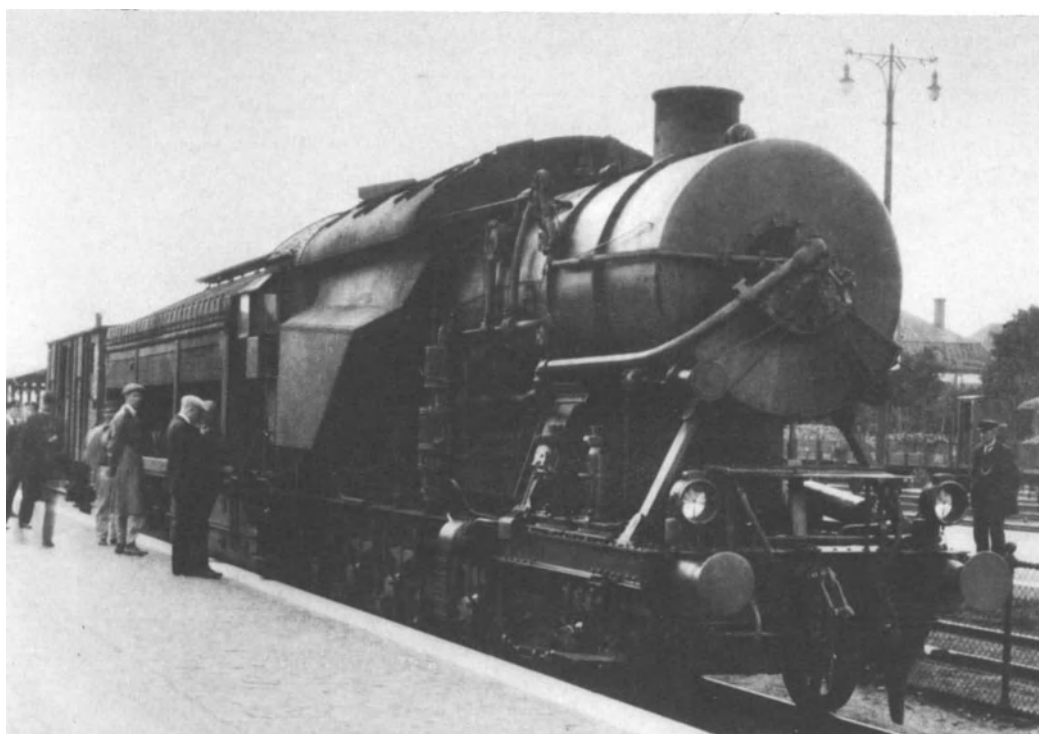
dem in dichter Folge nach beiden Seiten die eigentlichen Kühlelemente, die mit ihren unteren Enden in Sammelrohre mündeten, abgingen. Um die Kühlwirkung des Fahrtwindes voll auszunutzen, erhielten die Seitenwände schaufelartige Rippen; ferner unterstützten drei zwischen den beiden Kesseln horizontal gelagerte und von der Hauptturbine mitgetriebene Lüfter die Luftumwälzung zusätzlich. Der Abdampf gelangte von der Turbine in den Unterkessel; ebenso sammelte sich dort das der Kesselspeisung dienende Kondensat; theoretisch arbeitete die Lokomotive ohne Wasserverlust.

Beide Fahrzeugteile zusammen brachten es bei einem Gesamtachsstand von 17,525 m und einer Länge über Puffer von 21,92 m auf eine Dienstmasse von 126 t, davon entfielen 48 t auf die drei Kuppelachsen; als Anfahrzugkraft sind 120 kN (12 t) und als Höchstgeschwindigkeit 96 km/h bekannt.

Nach der Auslieferung kam die Lokomotive zunächst in ein staatliches Prüfinstitut, das auch Fahr- und Funktionsprüfungen vornahm. Im August 1921 erhielt die Staatsbahn das Fahrzeug; es legte dort bis zum

Oktober 1922 rund 2560 km zurück und stand dabei teilweise im Dienstplan der Schnellzuglokomotiven der Reihe F.

Nach dieser ersten Einsatzperiode fanden einige Umbauten statt. So wich der Luftvorwärmer einer völlig neuen und recht eigentümlichen Konstruktion. Dabei durchstrich die angesaugte Frischluft eine in der Rauchkammer auf Rollen gelagerte und durch radiale Scheidewände in viele Abteile getrennte, sich langsam drehende Ringtrommel. Sie wirkte dabei so, daß die aus den Siederohren austretenden Rauchgase durch die obere Halbtrommel strömten und vom Rauchkammerlüfter durch die zentrale Mittelöffnung der Trommel in den Schornstein gedrückt wurden, während die angesaugte Frischluft durch die untere Halbtrommel in den unter den Rost führenden Luftkanal gelangte. Bei der Drehung der Vorwärmertrommel erwärmte sich die jeweils obere Hälfte an den Rauchgasen und gab diese Wärme bei der Drehung als jeweils untere Halbtrommel an die Frischluft ab. Im Zuge des Umbaus wich der Saugzuglüfter einem leistungsfähigeren Modell; eine neue Haupt-



turbine brachte mehr Leistung, das Kondensatorfahrzeug erhielt neue Ventilatoren usw.

Ab August 1923 folgte eine neue Testserie; dabei konnten im Schnellzugdienst bis zu 35 % Kohleersparnis gegenüber der Reihe F registriert werden. Bald zog man diese Dampfturbinenlokomotive aber aus dem Streckendienst zurück und nutzte sie nur noch für die Weiterentwicklung des Ljungström-Systems.

Die Ljungström-Dampfturbinenlokomotive der argentinischen Staatsbahn

1923 erwarb die schwedische Lokomotivfabrik Nydquist & Holm von der Ljungström-Gesellschaft die Lizenz für den Bau weiterer Ljungström-Dampfturbinenlokomotiven.

Schon im selben Jahr bestellte die argentinische Staatsbahn eine 2'3+D1'-Maschine für ihr 1000-mm-Streckennetz, um besonders auf der durch wasserarme Gebiete führenden Strecke Tucuman–Santa Fe ohne Wasserversorgung auskommen zu können. Die Lokomotive sollte Reise- und Güterzüge befördern, 150-m-Bögen nehmen, 14 t Zugkraft entwickeln und mit einer Höchstgeschwindigkeit von 65 km/h fahren; die Dienstmasse durfte bei 16,6 m Gesamtsachsstand 120 t nicht überschreiten.

Argentinien machte die Lieferung einer grö-

ßeren Serie von den befriedigenden Leistungen des Prototyps abhängig. Die Ljungström-Gesellschaft übernahm die Gewähr für eine Ersparnis von 50 % Heizöl während der kalten und 40 % während der warmen Jahreszeit gegenüber Normallokomotiven gleicher Leistung.

In einigen wesentlichen Merkmalen unterschied sich diese Lokomotive von der der schwedischen Staatsbahn, z. B. durch ein neues, jetzt dreistufiges Getriebe mit elastischem Hohlwellenantrieb, der direkt – ohne Blindwelle – auf die erste Kuppelachse wirkte, durch einen ölgefeuerten Kessel unter Beibehaltung des rotierenden Luftvorwärmers und einen modifizierten Kondensator mit vier Lüftern.

Hier zum Vergleich einige technische Daten: Turbinenleistung bei 10000 U/min 1325 kW (1800 PS), Kuppelraddurchmesser 1470 mm, Gesamtsachsstand 16,6 m, Kesseldruck 1,97 MPa (19,7 kp/cm²), Rostfläche 2,55 m², Heizfläche 100,3 m², Überhitzerfläche 57,5 m², Länge über Kupplung 21,205 m, Dienstmasse 122,5 t, Reibungsmasse 50 t, Zugkraft 150 kN (15 t), Höchstgeschwindigkeit 65 km/h, Wasservorrat einschließlich Kondensat 10,5 m³, Ölvorrat 6,5 t.

Mit dem ab Anfang September 1925 bereitstehenden Prototyp konnten in Schweden wegen des Mangels an geeigneten

1000-mm-Strecken keine Versuchsfahrten stattfinden, ein Standtest fiel aber befriedigend aus.

Ersten Meßfahrten am 18. 2. 1926 in Argentinien folgten bis zum November desselben Jahres vier weitere. Der schwerste Zug hatte dabei einschließlich der Lokomotive eine Masse von 1779 t; allerdings genügte für solch hohe Belastungen die Turbinenleistung nicht mehr. 1 600-t-Züge wurden aber über längere Strecken anstandslos mit Geschwindigkeiten über 40 km/h gezogen.

Trotz vieler Schwierigkeiten schien es, als ob die Lokomotive im folgenden Betriebseinsatz befriedigen könnte. Alle Bemühungen scheiterten aber schließlich doch am komplizierten und sehr störanfälligen Aufbau. Ein am 9. 5. 1929 auftretender Wellenbruch der Hauptturbine führte dann schließlich zur Ausmusterung.

Die britische Ljungström-Dampfturbinenlokomotive

In Großbritannien verfolgte man interessiert die Entwicklung der Ljungström-Dampfturbinenlokomotive. Beyer-Peacock aus Manchester entschloß sich daraufhin, unter Lizenz eine 2'3+C2'-Schnellzuglokomotive zu bauen. Diese entsprach in den Baugrundsätzen voll den übrigen Ljungström-Lokomotiven, verriet in ihrem Äußeren aber unverkennbar die britische Herkunft.

Beim Triebtender entschloß man sich für größere Kuppelräder und wählte statt der hinteren Laufachse ein Drehgestell. Turbine und Getriebe, die bei den Vorläufern noch vor der ersten Kuppelachse lagen, befanden sich nun über ihr. Damit entfiel der frühere Überhang, und das Laufverhalten besserte sich wesentlich. Der Belpaire-Kessel wurde zugänglicher, weil der Kohlebehälter sich nun wie bei Tenderlokomotiven an der Führerhausrückwand befand.

Im folgenden auch hier die wichtigsten technischen Daten: Turbinenleistung bei 10 500 U/min 1766 kW (2400 PS), Kuppelraddurchmesser 1600 mm, Kesseldruck 2,1 MPa (21 kp/cm²), Rostfläche 2,78 m², Heizfläche 150,5 m², Überhitzerfläche 59,5 m², Länge über Puffer 24,05 m, Dienstmasse 144 t, Reibungsmasse 55 t, Zugkraft 180 kN (18 t), Höchstgeschwindigkeit



120 km/h, Wasservorrat einschließlich Kondensat 8 m³, Kohlevorrat 6 t.

Ab Juli 1926 fanden Probe- und Einsatzfahrten auf der London, Midland & Scottish R.W. und der London & North Eastern R.W. statt; dabei erwies sich die Maschine als leistungsfähig und sparsam, aber auch hier wieder als sehr wartungsaufwendig. Trotz einiger schöner Erfolge kam es deshalb schon im Winter 1928 zur Außerdienststellung.

Die A der schwedischen Staatsbahn

Noch einmal versuchte es Schweden mit einer Ljungström-Dampfturbinenlokomotive, die die Firma Nydquist & Holm im Januar 1927 ablieferte.

In Leistung und Achsanordnung sowie in der Ausführung aller Baugruppen entsprach sie der Beyer-Peacock-Lokomotive weitgehend; allerdings forderte die schwedische Staatsbahn die Einhaltung einer maximalen Achsfahrmasse von 16,5 t, begnügte sich aber dafür mit 90 km/h Höchstgeschwindigkeit und 148 kN (14,8 t) Zugkraft; der Achsstand fiel mit 18,5 m ebenfalls bescheidener aus.

Nach einigen Versuchsfahrten kam sie als Reihe A unter der Betriebsnummer 1474 am 22. 3. 1927 in den Regeldienst. Dort zeigte sie gute Wirtschaftlichkeit, mußte aber schon 1932 wegen unverträglich hoher Wartungskosten ausscheiden. Nach anderen Angaben erwies sie sich als einwandfrei brauchbar, und sie soll bis 1940 gelaufen sein. Wegen der damals in Schweden voll einsetzenden Elektrifizierung bestand dann kein Interesse mehr am Bau weiterer derartiger Lokomotiven.

2.9.6.

Zoelly-Dampfturbinenlokomotiven

In der Schweiz beschäftigte sich Dr. Hermann Zoelly seit 1918 intensiv mit den Problemen des Dampfturbinenantriebes. Ihm gelang es, eine eigenständige Lösung unter weitgehender Anlehnung an die Regellokomotive zu finden. Die wesentlichen Merkmale der Bauart Zoelly bestanden in der vornliegenden Dampfturbine, die über ein Getriebe mittels Blindwelle und Stangen die Kuppelachsen antrieb, in den unmittelbar hinter der Turbine angeordneten wassergekühlten Oberflächenkondensatoren zur

Dampfniederschlagung und in der auf dem Tender untergebrachten Rückkühlanlage für das Kondensatorkühlwasser.

Die 1801

der Schweizerischen Bundesbahnen

Die erste derartige Dampfturbinenlokomotive entstand 1920 in Zusammenarbeit der Turbinenfirma Escher-Wyss mit SLM-Winterthur durch den Umbau einer 1'C-Maschine der Reihe B3/4 der Schweizerischen Bundesbahnen unter Beibehaltung von Kessel, Rahmen und Kuppelradsätzen. Als Kraftquelle diente eine sechsstufige Zoelly-Turbine, die bei 6500 U/min entsprechend einer Höchstgeschwindigkeit von 75 km/h 736 kW (1000 PS) entwickelte. Die Rückwärtsturbine, ein zweikrängiges Curtis-Rad, saß auf der Welle der Hauptturbine und lief ständig im Vakuum mit. Vorübergehend ließ sich die Turbinenleistung auch auf 1104 kW (1500 PS) steigern. Als Achsanordnung ergab sich die Formel 2'C; dabei lag die Blindwelle zwischen den beiden Drehgestellachsen; das Fahrwerk hatte Kuppelräder von 1520 mm Durchmesser, der Gesamtachsstand betrug 7,8 m.

Durch die Lage der Turbine unter der Rauchkammer und die Anordnung des Kondensators zwischen den Rahmenwangen mußte der für 1,4 MPa (14 kp/cm²) Druck bestimmte Kessel erheblich nach oben rücken; er erhielt zudem einen Überhitzer mit 37,8 m² Fläche, die des Rostes blieb ebenso

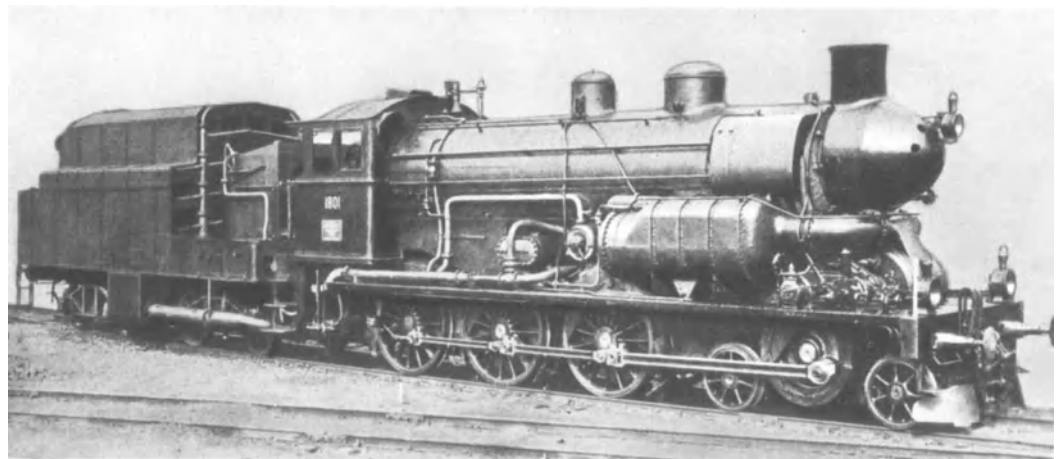
wie die Heizfläche mit 2,3 m² bzw. 106,4 m² unverändert erhalten.

Im Tender-Querstrom-Regenkühler floß das warme Kühlwasser in starken Strahlen innerhalb eines in Fahrtrichtung offenen Kastens von oben nach unten, während es die hindurchströmende Luft abkühlte. Das kalte Wasser sammelte sich am Tenderboden, gelangte mittels einer Pumpe wieder in den Kondensator und von dort zurück in den Tenderkühler. Bei 39,5 t Dienstmasse nahm der vierachsige Drehgestelltender 12 m³ Wasser und 6 t Kohle auf.

Nach Auslieferung der Dampfturbinenlokomotive erfolgten vielfältige Versuche, die die Grundlage für einige Änderungen schufen. So ersetzte man den für die Reinigung sehr unbequem zwischen dem Rahmen angeordneten und etwas knapp ausgefallenen Kondensator durch zwei kleinere mit größerer Gesamtfläche, die auf dem Laufblech Platz fanden.

Auch die Lage des Lüfters zur Feueranfachung vor dem Rost bewährte sich nicht, da bei jeder Rostbeschickung eine Unterbrechung des Feuerzuges stattfinden mußte. Ein in der Rauchkammer untergebrachter Sauglüfter befriedigte dann gut.

Für den Tenderkühler genügte der Fahrtwind allein nicht; deshalb erhielt er an der Luftaustrittsöffnung des Kühlkastens einen zusätzlichen Ventilator. Unabhängig von den Entwürfen Zoellys konstruierte die Firma Krupp einen Riesekühler, bei dem das Kühlwasser über Metallkörper mit großer Ober-



fläche, sog. Raschig-Ringe, herabrieselte, während Luft durch das herabströmende Wasser strich. Dieses neue Kühlsystem kam auch für die Schweizer Dampfturbinenlokomotive zur Anwendung. Dabei beließ man den Lufteintritt an der Tenderstirnwand, um so bei Versagen des Ventilators eine wenn auch verminderte Kühlleistung durch den Fahrtwind erreichen zu können.

Nach der Übernahme durch die SBB erhielt die Maschine die Betriebsnummer 1801 und kam in den folgenden Jahren in den Reise- und Güterzugdienst, ohne jedoch über einen längeren Zeitraum innerhalb eines festen Fahrplanes zu laufen. Da später infolge der voll einsetzenden Elektrifizierung kein Bedarf mehr an Dampflokomotiven bestand, gaben die SBB 1924 die 1801 an Escher-Wyss zurück, die sie 1943 verschrottete.

Die T18 1001 der Deutschen Reichsbahn

In Deutschland setzte die Entwicklung auf dem Dampfturbinenlokomotivsektor wegen der Folgen des ersten Weltkrieges erst relativ spät ein. Die Firma Krupp entwarf als erste deutsche Lokomotivfabrik nach den Zoelly-Patenten eine Dampfturbinenlokomotive, die weitgehend auf den Erfahrungen mit der Schweizer Maschine aufbaute. Bei den Verhandlungen mit der Deutschen Reichsbahn einigte man sich schnell auf eine 2'C1'-Schnellzuglokomotive, die gegenüber der P10 (Reihe 39⁰⁻²), die als sehr leistungsfähig und mäßig im Verbrauch galt, mindestens 12 % Kohle ersparen sollte.

Die sechsstufige, von Escher-Wyss aus Zürich gelieferte Zoelly-Vorwärtsturbine leistete bei 6 800 U/min entsprechend 85 km/h 1472 kW (2000 PS), unter Zuhilfenahme einer Zusatzdüse bei 8 000 U/min entsprechend 110 km/h sogar 2061 kW (2800 PS); für die Rückwärtsturbine reichte ein dreistufiger Läufer aus.

Direkt hinter der Turbine und dem schrägverzahnten Getriebe befanden sich vor und hinter der ersten Kuppelachse die beiden quergestellten Kondensatoren; danach folgte die Hilfsmaschinengruppe. Wegen der möglichen höheren Drehzahlen konnte der Kuppelraddurchmesser auf 1 650 mm beschränkt bleiben; zusammen mit dem führenden Drehgestell und der Schleppachse

kam die Lokomotive so auf einen Gesamtachsstand von 9,9 m.

Der Regelkessel für 1,5 MPa (15 kp/cm²) Druck umfaßte 3,1 m² Rost-, 155 m² Heiz- und 66 m² Überhitzerfläche. Aus der zweiteiligen Rauchkammer zogen die Rauchgase vom hinteren Abschnitt durch einen seitlichen Kanal nach hinten zum unmittelbar vor dem Stehkessel angeordneten Verbrennungsluftvorwärmer. Von dort saugte ein Lüfter die Rauchgase an und drückte sie durch einen zweiten, links liegenden seitlichen Kanal in die vordere Rauchkammersektion und durch den Schornstein. Die unglückliche Lage des Rauchgaslüfters beruhte auf dem gedrunenen Gesamtaufbau und der vorgegebenen Achslastaufteilung der Lokomotive, die die vorhandenen 20-m-Drehscheiben nutzen mußte.

Der vierachsige Drehgestellender bestand aus dem vorderen, 6,5 t fassenden Kohlebunker und dem darunter befindlichen Wassertank. Die Rückkühleinrichtung nahm den größten Raum ein. In Kühlermitte drückte ein quer eingebauter Lüfter die an zwei seitlichen Öffnungen einströmende Luft durch die einzelnen Kühlzellen. Diese enthielten die schon bei der Schweizer Dampfturbinenlokomotive erwähnten Raschig-Ringe, über die das vom Kondensator kommende Warmwasser rieselte, das sich dabei durch die aufströmende Luft abkühlte.

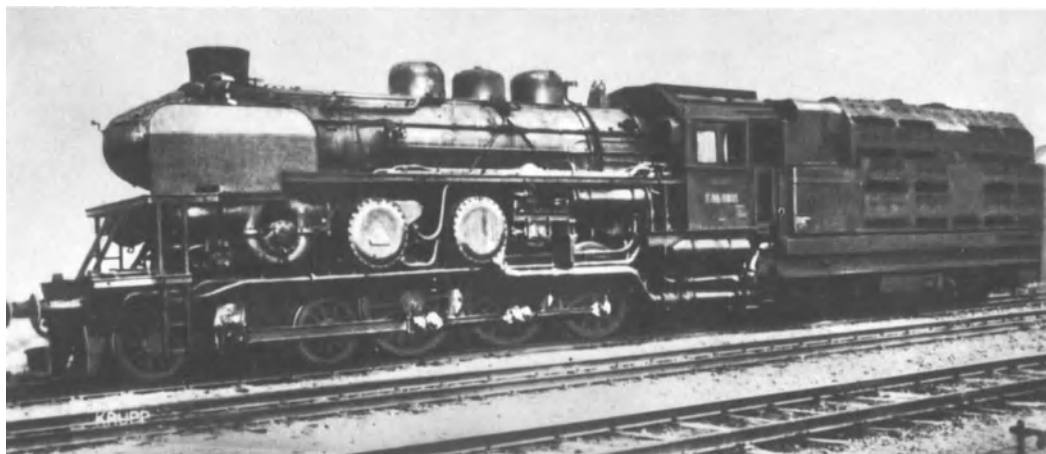
Lokomotive und Tender brachten es auf eine Länge über Puffer von 23,446 m, die Dienstmassen betrugen 113,7 t und 66 t; die Rei-

bungsmasse von 60,5 t ermöglichte eine Zugkraft von 124,5 kN (12,45 t).

Nach ihrer Fertigstellung kam die als T18 1001 eingestufte Lokomotive 1924 zunächst auf den Prüfstand. Eine Fahrversuchsreihe im Jahre 1926 führte zu der überraschenden Erkenntnis, daß sich Dampf- und Kohleverbrauch kaum von dem einer guten Kolbendampflokomotive unterschieden. Ein nochmaliger Standtest mit der Turbine ergab, daß die im Vakuum leer laufende Rückwärtsturbine zuviel Leistung fraß. Man entschloß sich zunächst zum Einbau schwenkbarer Klappen, die bei Vorwärtsfahrt das Laufrad der Rückwärtsturbine abdeckten.

Auch die Rückkühlanlage hatte eine zu geringe Leistung; der Luftstrom riß zudem einen beträchtlichen Teil des Kühlwassers fort. Die Luftzuführung wurde so abgeändert, daß der nun in Längsrichtung an der Tenderrückwand liegende Radiallüfter die Luft an den Seitenwänden durch die Kühlzellen hindurch ansaugte und unmittelbar nach oben ausblies.

Bei den Fahrten im Jahre 1928/29 auf der Strecke Potsdam–Burg registrierte man einen Kohleminderverbrauch gegenüber der P10 von 40 % und gegenüber den neuen Einheitslokomotiven von immer noch 25 %. Infolge des Verbrennungsluftvorwärmers war der Kesselwirkungsgrad außerordentlich gut; weiter fiel die T18 1001 durch vorzüglichen Lauf, das Nichtauftreten von Kesselschäden und durch hohe Anfahrzugkraft, bei



dann freilich hohem Dampfverbrauch, angenehm auf.

Auf anschließenden Fahrten zwischen Berlin und Hannover stellte sich aber heraus, daß die Kohleersparnis bedeutend geringer ausfiel als bei den vorhergehenden Beharrungsfahrten. So kam es zu einem weiteren Umbau, wobei die Rückwärtsturbine ganz entfiel; sie wich einer kombinierten, sich bei 30 km/h automatisch abschaltenden Anfah- und Rangierturbine; über ein Wendegetriebe ließ sich die Rückwärtsfahrt bewerkstelligen. Eine Schaltungsänderung für die Versorgung der Hilfsmaschinen führte ebenfalls zu Dampfeinsparungen und erleichterte die Bedienung wesentlich. In Verbindung damit konnte auch die Saugzuganlage vereinfacht werden; der Verbrennungsluftvorwärmer entfiel, und der Lüfter fand jetzt einen Platz in der Rauchkammer. Man entschied sich dabei für ein Radialgebläse mit einem Curtis-Rad als Triebquelle. Als Massenausgleich erhielt der Kessel um 400 mm gekürzte Siederohre.

Nach Beendigung aller Umbauarbeiten und der anschließenden Testfahrten kam die T18 1001 zum Bw Hamm in Westfalen. Sie stand dort im schweren Schnellzugdienst auf der Strecke Köln–Aachen–Hannover im gleichen Plan wie die Reihen 01 und 39⁰⁻². 1940 erlitt die Lokomotive einen schweren Schaden bei einem Bombenangriff auf den Bahnhof Hamm; zur beabsichtigten Instandsetzung kam es nicht mehr. Nach anderen Quellen zog man sie erst 1941 zurück, weil die Bremsen nicht mehr den Vorschriften genügten.

Die T18 1002 der Deutschen Reichsbahn

Im September 1924 vergab die Deutsche Reichsbahn an die Lokomotivfabrik Maffei in München einen Auftrag für eine Zoelly-Dampfturbinenlokomotive. Im Gesamtaufbau und in der Auslegung ähnelte sie der T18 1001; abweichend waren allerdings der hohe Kesseldruck von 2,2 MPa (22 kp/cm²) und die längs unter dem Umlauf liegenden Kondensatoren. Auf die Vorwärmung der Verbrennungsluft verzichtete man von vornherein und wählte sofort einen Saugzuglüfter in der Rauchkammer. Der Kühltender erhielt seitliche, schaufelartige Lüfterschlitze, durch die die Kühlluft von zwei im Kühler-



scheitel waagrecht liegenden Ventilatoren angesaugt und durch den Kühler geleitet wurde. Dieser bestand aus mehreren schräggestellten Kammern, in denen sich die einzelnen, aus gelochten, aneinandergereihten Kupferblechen bestehenden Kühlzellen befanden. Während die Luft an diesen Zellen von unten nach oben vorbeistrich, floß das Kühlwasser an ihnen herab.

Hier die wichtigsten technischen Daten der T18 1002: Turbinenleistung bei 8800 U/min 2024 kW (2750 PS), Kuppelraddurchmesser

1750 mm, Gesamtachsstand 11,15 m, Rostfläche 3,5 m², Heizfläche 159,7 m², Überhitzerfläche 51 m², Länge über Puffer 24,135 m, Dienstmasse 104 t, Reibungsmasse 60 t, Zugkraft 110 kN (11 t), Höchstgeschwindigkeit 120 km/h, Wasservorrat 24,3 m³, Kohlevorrat 6 t.

Am 18. 3. 1929 stellte die Deutsche Reichsbahn die T18 1002 offiziell in Dienst. Auch mit ihr fanden eingehende Versuche sowohl auf dem Prüfstand als auch auf der Strecke unter der Regie des Versuchsamtes Grune-

wald statt. Dabei zeigten sich ähnlich gute betriebliche Eigenschaften wie bei der Kruppschen Lokomotive. Andererseits beeinflussten die Rückwärtsturbine und der Betrieb der vielen Hilfsmaschinen die Wirtschaftlichkeit durch hohen Dampfverbrauch sehr ungünstig. Deshalb fand ein Umbauprogramm in der Art der T18 1001 statt; diese Gelegenheit nutzte man auch zur Installation einer stärkeren Hauptturbine. Anschließend kam die T18 1002 zum Bw München Hbf. und fuhr Schnell- und Eilzüge auf den Strecken München–Würzburg und München–Lindau. Im Einsatz erwies sie sich als recht störanfällig, und sie fiel häufig aus; auch blieb der Dampfverbrauch trotz aller Umbauten zu hoch; 1943 wurde sie wegen Kriegsschäden abgestellt und am 6. 10. 1943 ausgemustert.

Die T38 3255 der Deutschen Reichsbahn

Nachdem das Problem der Abdampfentölung von Kolbendampfmaschinen gelöst war, bestand die Möglichkeit, die schon lange erwogene Kombination von Kolbendampfmaschine und Abdampfturbine praktisch zu erproben. Die Firma Henschel griff diese Idee auf und arbeitete in Verbindung mit Zoelly und der Deutschen Reichsbahn an einem Abdampfturbinen-Triebtender.

Die Änderungen an der Lokomotive – man entschied sich für die 38 3255 – hielten sich in Grenzen; neu waren lediglich der Rauchkammerlüfter, die Ölabscheider und die Abdampfleitungen zur Turbine. Der Triebtender mit der Achsfolge 1'B2' entstand neu. Er enthielt die bei 9300 U/min 442 kW (600 PS) leistende Haupt- und die Rückwärtsturbine, das Getriebe, die zwischen erster und zweiter Achse untergebrachte Blindwelle und den Kondensator. Für diesen übernahm Henschel den bekannten von Luft durchströmten Rieselkühler. Drei Axiallüfter im Tenderdach sorgten für den Kühlluftstrom. Den Kuppelraddurchmesser wählte Henschel zu 1400 mm; der Gesamtachsstand des Tenders kam auf 8,27 m; seine Dienstmasse betrug 84,6 t und die Reibungsmasse 34,8 t. Die Gesamtkomposition hatte eine Länge über Puffer von 22,92 m.

Ab 22. 11. 1927 fanden erste Lastfahrten statt, aus denen einige Umbauten resultierten. Während des folgenden Einsatzes im

Bw Kassel stellten sich so viele Mängel heraus, daß die T38 3255 mehr stand als lief. Nach einer erneuten Modifikation im Jahre 1930/31 bei der Herstellerfirma kam sie bis zum Juni 1937 wieder zum Bw Kassel, dann erfolgte die Ausmusterung.

Bei Meßfahrten zeigte sich, daß mit Hilfe des Triebtenders bei Vollast 30 % Kohleersparnis möglich war; bei kleinen Belastungen trat aber sogar ein Mehrverbrauch auf. Durch die zahlreichen Betriebsstörungen und hohen Wartungskosten ließ sich ein wirtschaftlicher Dauerbetrieb nicht realisieren.

Die Reihe T09 der Deutschen Reichsbahn

Als letzte deutsche Dampfturbinenlokomotive muß noch die T09 001/002 kurz gestreift werden. Die relativ guten Versuchsergebnisse mit der T18 1001 gaben dazu Veranlassung, der Firma Krupp einen Auftrag über zwei 2326 kW (3160 PS) leistende 1'D2'-Schlepptender-Stromlinienlokomotiven zu erteilen, die im prinzipiellen Aufbau weitgehend der T18 1001 glichen. Durch Nutzung eines Kessels mit wesentlich heraufgesetzter Überhitzung rechnete man mit einer akzeptablen Kohleersparung; für die geplante Höchstgeschwindigkeit von 175 km/h schien der Turbinenantrieb außerdem besonders geeignet. Mit diesen beiden Neubaulokomotiven sollte die Entwicklung des Dampfturbinenantriebes einen gewissen Endstand erreichen und die Grundlage für den Serienbau liefern. Für den normalen Dienst ohne besondere Anforderungen hielt die Deutsche Reichsbahn die Dampfturbinenlokomotive vorerst nicht für geeignet. 1943 gingen beide Exemplare noch vor der Fertigstellung bei einem Bombenangriff verloren.

2.9.7.

Auspuff-Dampfturbinenlokomotiven

Die 685 410 der italienischen Staatsbahn

Da das Interesse an der Dampfturbinenlokomotive bei der italienischen Staatsbahn anhielt, entschloß sich diese, eine weitere Versuchslokomotive unter Verzicht auf die bisher übliche Abdampfkondensation bauen zu lassen. Um Kosten und Aufwand in Grenzen zu halten, rüstete Breda nach den Vorschlägen von *Beluzzo* die 1908 bei Schwartzkopff

produzierte 1'C1'-Lokomotive 680 110 auf Dampfturbinenantrieb um, wobei die Turbine mit Getriebe und Blindwelle die bisherige Dampfmaschine ersetzte. Das neue Fahrzeug wurde als 685 410 eingestuft. Schon bei ersten Versuchsfahrten im Frühjahr 1933 registrierte man ungenügende Zugkraft bei Vorwärtsfahrt; rückwärts konnte sich die Maschine gerade selbst fortbewegen. Bald kam es zu einem Achslagerschaden und als Folge des damit verbundenen Festfressens zu erheblichen Schäden an den Turbinenschaukeln. Auch Änderungen und Verbesserungen verfielen der Ablehnung; so erfolgte die baldige Ausmusterung und die Umwandlung in eine Vierlings-Kolbendampflokomotive.

Die Reihe Mt3 der schwedischen TGOJ

Die Trafikaktiebolaget Grängesberg-Oxelösunds Järnvägar (TGOJ) in Schweden, eine von der größten schwedischen Erzbergbau- und Hüttenwerksgesellschaft betriebene private Bahn, bot für einen Dampfturbinenantrieb wegen der gleichmäßigen Beladung der Güterzüge, der fast konstanten Streckenneigung und dem durchgehenden Betrieb bei entsprechender Auslegung der Lokomotive besonders günstige Voraussetzungen. Zudem war bei den schweren Erzzügen eine gute Ausnutzung der Reibungsmasse durch das gleichförmige Turbinendrehmoment höchst erwünscht. Im Interesse einer störungsfreien Betriebsführung verzichtete die TGOJ auf die Abdampfkondensation und damit auf die maximale Ausnutzung des Wärmegefälles.

Die Ende der 20er Jahre bei Nydquist & Holm in Trollhättan in Auftrag gegebene 1'D-Schlepptenderlokomotive lehnte sich weitgehend an übliche Bauweisen an. Bei 1200 U/min leistete die vor der Rauchkammer, aber hinter der vorderen Laufachse angeordnete Turbine 1472 kW (2000 PS). Über Getriebe, Blindwelle und Kuppelstangen erfolgte die weitere Kraftübertragung auf die 1350 mm großen Kuppelräder. Da eine Rückwärtsturbine fehlte, bewirkte ein einschwenkbares Zwischenrad in der ersten Getriebestufe die Fahrtrichtungsänderung.

Der für 1,3 MPa (13 kp/cm²) Druck ausgebildete Regelkessel hatte einen 3 m² großen

Rost, die Heizfläche umfaßte 149,2 m², zuzüglich 50 m² für den Überhitzer. Da der Abdampf wie üblich den Schornstein durchfloß, konnte auf eine Rauchgas-Saugzuganlage verzichtet werden. Bei 7,95 m Gesamtachsstand und einer Länge über Puffer von 17,9 m brachte es die Lokomotive auf 84 t Dienst- und 72 t Reibungsmasse, ausreichend für 180 kN (18 t) Dauer- und 220 kN (22 t) Anfahrzugkraft. Der nur zweiachsige Tender faßte bei 34,6 t Dienstmasse 15 m³ Wasser und 5 t Kohle, die Höchstgeschwindigkeit betrug 60 km/h.

Nach Fertigstellung des Prototyps im Jahre 1930 gelangte die als M3t eingeordnete Lokomotive mit der Betriebsnummer 71 ab April 1932 in den Regeldienst vor Erzzügen auf der Relation Eskilstuna–Oxelösund. Bei Vergleichsversuchen mit einer Dreizylinderlokomotive gleicher Größe und gleicher Reibungsmasse erzielte die M3t im Ursprungszustand etwa 10 % Kohleersparnis, nach Vergrößerung des Überhitzers auf 100 m² im Jahre 1933 sogar eine solche von 17 bis fast 24 %; die Zugkraft lag wegen des gleichmäßigen Drehmomentes um 25 % höher. Die Unterhaltskosten blieben sehr gering, und mit über 100000 km Laufleistung zwischen zwei Überholungen übertraf sie die Regellokomotiven um das Doppelte.

Diese guten Ergebnisse veranlaßten die Bestellung zweier weiterer Einheiten, die Nydquist & Holm 1936 lieferte und die die TGOJ als Nr. 72 und 73 übernahm. Alle drei Exemplare liefen bis zur 1954 erfolgten Elektrifizierung; sie legten bis dahin zusammen rund zwei Millionen Kilometer zurück. Damit blieben sie die einzigen Dampfturbinenlokomotiven, die alle in sie gesetzten Hoffnungen auch erfüllten.

Die 6202 der britischen London, Midland & Scottish Rw.

Mit der erfolgreichen Inbetriebnahme der schwedischen Auspuff-Dampfturbinenlokomotive bestand auch in Großbritannien wieder Interesse an diesem Traktionsmittel. Eine Studiengruppe orientierte sich in Schweden über Einsatz und Wirtschaftlichkeit und kam dabei zu positiven Resultaten. Unter der Leitung ihres Chefindingenieurs, *William Arthur Stanier*, entwarfen daraufhin die Crewe-Bahnwerkstätten der London, Mid-

land & Scottish Rw. in Zusammenarbeit mit den Metropolitan-Vickers-Werken eine 2'C1'-Schnellzuglokomotive unter Nutzung möglichst vieler Baugruppen der 1933 in Dienst gestellten Princess-Royal-Klasse.

Das vor der ersten Kuppelachse befindliche Antriebsaggregat bestand aus einer 16stufigen Vorwärts- und einer einkuppelbaren Rückwärtsturbine; bei 13500 U/min gab die Hauptturbine 1840 kW (2500 PS) ab. Ein dreistufiges Getriebe und ein Hohlwellenantrieb verbanden sie mit der ersten Kuppelachse; das Fahrwerk hatte 1981 mm große Kuppelräder und kam auf einen Gesamtachsstand von 11,5 m; alle Achsen, auch die des Tenders, liefen in Wälzlager.

Der Regelkessel für 1,76 MPa (17,6 kp/cm²) Druck hatte als Besonderheit eine Verbrennungskammer und einen Doppelschornstein; seine Heizfläche betrug 201,2 m², die des Überhitzers 50,2 m².

Insgesamt brachte es die Lokomotive auf 110,8 t Dienst- und 70 t Reibungsmasse; sie entwickelte eine größte Zugkraft von 183 kN (18,3 t). Der dreiachsige Tender nahm bei 55,5 t Dienstmasse 18,2 m³ Wasser und 9 t Kohle auf; Lok und Tender ergaben eine Länge über Puffer von 22,669 m.

Ab Juni 1935 gelangte die Maschine unter der Betriebsnummer 6202 in den regulären Schnellzugdienst. Anfängliche „Kinderkrankheiten“ ließen sich bald beseitigen, so daß sie zunächst durchaus befriedigte. Gegenüber den Schwestereinheiten der Princess-Royal-Klasse sparte sie je nach Belastung 8 bis 14 % Kohle. Zu Beginn des zweiten Weltkrieges zog man sie wegen während dieser Zeit häufig auftretender Störungen und auf Grund der Kriegslage aus dem Verkehr. 1941, nach anderen Quellen 1942, als dringender Lokomotivbedarf bestand, kam sie nochmals in den Regeldienst. Bald aber nahmen die Ausfälle an der Turbine und am Getriebe so zu, daß 1944 nach insgesamt 480000 km die Ausmusterung nicht zu umgehen war; nach anderen Angaben soll sie bis 1952 im Ursprungszustand gelaufen sein. Nach dem Krieg orientierte sich Großbritannien auf die Dieselltraktion und gab so Neuentwicklungen auch auf dem Sektor der Dampfturbinenlokomotive keine Chance mehr. Die 6202 erlebte noch eine kurze Neugeburt als normale 2'C1', bis ein Zugunglück

am 8. 10. 1952 ihre Laufbahn endgültig beendete.

Die 232-Q-1 der französischen Staatsbahn

1941 lieferte die Firma Schneider & Cie. eine 2'Co2'-Auspuff-Dampfturbinenlokomotive an die französische Staatsbahn aus. Erstmals wurde hier der Versuch unternommen, die Komponenten Dampfturbine und Einzelachsantrieb miteinander zu kombinieren.

Die Antriebsmaschinengruppe bestand aus drei auf jede der drei Treibachsen direkt wirkenden Dampfturbinen, die bei 10000 U/min entsprechend einer Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h 736 kW (1000 PS) leisteten. Jede Turbine enthielt sechs Stufen für die Vorwärts- und zwei Stufen für die Rückwärtsfahrt; alle saßen auf einer Welle und in einem Gehäuse. Trotz der bekannten Mängel dieser Anordnung ließ der Einzelachsantrieb aus Platzgründen eine Trennung beider Gruppen oder die Nutzung eines Wechselgetriebes nicht zu. Über ein Getriebe mit Hohlwelle und Federtopftrieb erfolgte die Kraftübertragung auf die 1510 mm großen Treibräder; der Gesamtachsstand betrug 12,72 m.

Der konventionelle Lokomotivkessel mit Verbrennungskammer bestand wegen des recht hohen Betriebsdruckes von 2,5 MPa (25 kp/cm²) weitgehend aus Chrom-Molybdän- und Nickel-Chrom-Molybdän-Stahl. Bekannt sind die Rostfläche von 4,9 m², die Heizfläche von 211 m² und die Überhitzerfläche von 89 m². Ein Doppelschornstein sorgte für genügend Zug.

Von 122 t Dienstmasse entfielen 58,5 t auf die Kuppelräder; damit ließ sich eine Zugkraft von 115 kN (11,5 t) bei Vorwärts- und von 75 kN (7,5 t) bei Rückwärtsfahrt realisieren. Der Tender nahm 30 m³ Wasser auf; Lokomotive und Tender erhielten entsprechend dem Verwendungszweck als Schnellzuglokomotive eine im Bereich der Kuppelräder hochgezogene Stromlinienverkleidung.

Zunächst kam die als 232-Q-1 eingestufte Maschine auf der Strecke Paris–Laroche in den Schnellzugdienst, ab November 1941 bediente sie vom Depot Dijon-Perrigny aus Eilgüter- und Reisezüge zwischen Dijon und Chalon-sur-Saône. Allein wegen der großen Ventilationsverluste durch die Rückwärtstur-

binen konnte sie nicht befriedigen; ihr Wirkungsgrad übertraf den vergleichbarer Kolbendampflokomotiven nicht. Am 30. 4. 1942 verursachte ein Schaden an der Antriebsanlage ihre Stillsetzung; eine Reparatur fand wegen des Krieges nicht mehr statt, und nach einem Bombenangriff am 3. 9. 1944 erfolgte die endgültige Ausmusterung.

Die S2 der Pennsylvania RR Comp.

Anlässlich einer Untersuchung der technischen Möglichkeiten beim Bau von Schnellzuglokomotiven gelangte 1937 auch die Dampfturbine in das Blickfeld der verantwortlichen Ingenieure der Pennsylvania RR Comp. Zusammen mit der Firma Westinghouse entwarf man das Projekt einer Auspuff-Dampfturbinenlokomotive mit mechanischer Kraftübertragung. Zunächst dachte man an den Umbau einer vorhandenen Maschine, da aber die Kosten hierfür fast denen eines Neubaus entsprachen hätten, erhielt Baldwin schließlich einen entsprechenden Auftrag, den die Firma 1944 mit der Auslieferung der Reihe S2 auch erfüllte. Als 37,37 m lange 3'D3'-Maschine mit 1727 mm großen Kuppelrädern ausgelegt, blieb der Gesamtaufbau konservativ. Praktisch trat an die Stelle der Dampfmaschine die Turbinenanlage, wenn auch an anderer Stelle angeordnet. Der Westinghouse-Turbinensatz befand sich zwischen der zweiten und dritten Kuppelachse. Rechts lag die 5078 kW (6900 PS) leistende Hauptturbine, links die auskuppelbare Rangierturbine. Ein Getriebe

arbeitete auf die zweite und dritte Kuppelachse und von dort über Stangen auf die restlichen Achsen.

Der Kessel mit seinem Dampfdruck von 2,18 MPa (21,8 kp/cm²), einer Rostfläche von 10,75 m² und einer Heizfläche von 463,7 m², zuzüglich 190,4 m² für den Überhitzer, entsprach der Regelbauart; er hatte, wie in den USA üblich, eine Verbrennungskammer und Stokerfeuerung.

Ein Umbautender erhielt vergrößerte Vorratsbehälter für 73,8 m³ Wasser und 38,6 t Kohle; die Dienstmasse von 203,9 t erforderte neue Drehgestelle mit je vier Achsen.

Bei Prüfstandsversuchen ermittelte man bei einer Geschwindigkeit von 121 km/h eine Höchstleistung von 4568 kW (6206 PS), gemessen am Radumfang. Bei Anfahrten erzielte die 267,9 t schwere Lokomotive mit ihrer Reibungsmasse von 123,2 t eine Zugkraft von rund 340 kN (34 t). Verwendet im Güter- und schweren Schnellzugdienst, bewährte sie sich zunächst vor allem auf Grund der hohen Zughakenleistung und der guten Laufeigenschaften ausgezeichnet. Unterhalb von etwa 50 km/h stieg der Dampfverbrauch infolge des dann kleinen Turbinendrehmomentes, das nur durch reichliche Dampflieferung kompensierbar blieb, sehr stark an, so daß der Dampfdruck innerhalb kurzer Zeit bis auf 1,4 MPa (14 kp/cm²) abfiel. Infolgedessen traten häufig Stehbolzenbrüche auf, die hohe Unterhaltskosten bedingten. Ein schwerer Turbinenschaden führte dann 1949 zur Ausmusterung.

2.9.8.

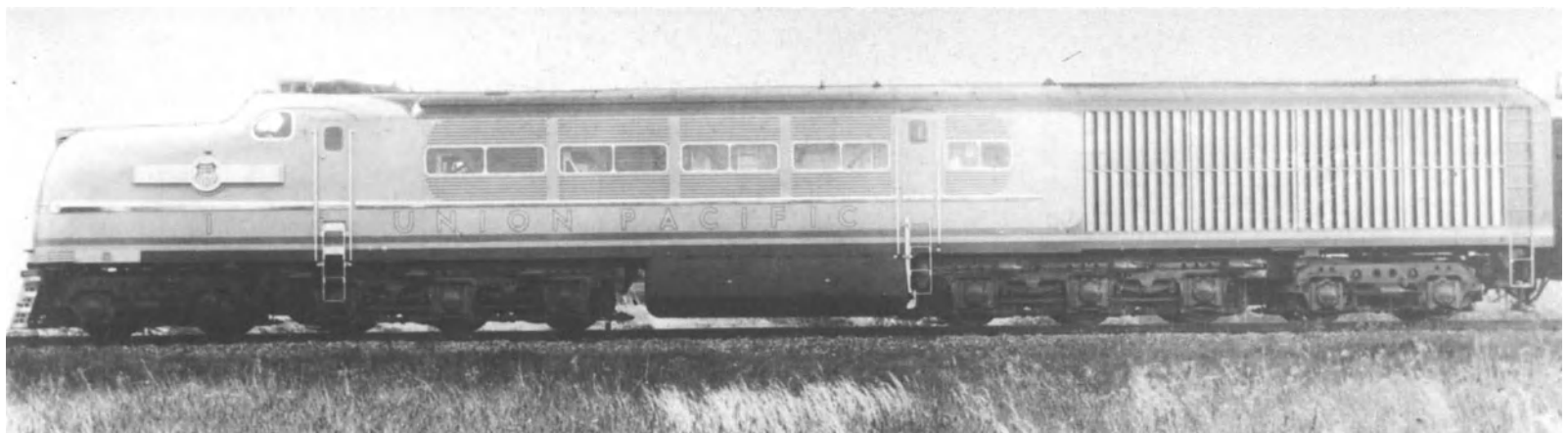
General-Electric- und Baldwin-Dampfturbinenlokomotiven

Die Union-Pacific-Doppellokomotive

Als die Bahnen der USA ab Mitte der 30er Jahre in hartem Konkurrenzkampf mit Auto und Flugzeug standen, bekam dort auch die Dampfturbine ihre Chance. Damals stellte General Electric in Zusammenarbeit mit der Turbinenfirma Lynn eine Studie für eine Hochgeschwindigkeits-Dampfturbinenlokomotive auf. Die Union Pacific griff nach eigenen Untersuchungen diese Idee auf und entschied sich für eine Doppellokomotive mit insgesamt 3680 kW (5000 PS) Turbinenleistung, die 1100 t schwere Reisezüge von Chicago aus zur Pazifikküste befördern sollte. Für die harten Betriebsbedingungen der Bahngesellschaft schien die gewählte Bauart mit ihrem geschlossenen Wasserkreislauf besonders günstig, denn weite Streckenteile führten durch wasserarme Gebiete. 1938 lieferte General Electric die beiden (2'Co)(Co2')-Einheiten aus; jede war für sich voll betriebsfähig.

Die Turbinengruppe bestand aus den parallel angeordneten Hoch- und Niederdruckturbinen mit je fünf Stufen; beide arbeiteten auf ein gemeinsames Getriebe. Zwei hintereinander angeordnete Generatoren bildeten den Hauptgenerator; ein Hilfsgenerator versorgte die Zugbeleuchtung und die Klimaanlage mit Strom.

Der Babcock & Wilcox-Hochdruck-Zwangs-





umlaufkessel stellte im Lokomotivbau etwas völlig Neues dar. Er zeichnete sich durch geringen Raumbedarf aus und lieferte den Dampf mit einem Druck von 10,5 MPa (105 kp/cm²) bei einer Temperatur von 490 °C. Ein mit Propangas beheizter Hilfskessel übernahm das Hochfahren der Anlage, ihre Regelung erfolgte vollautomatisch. Zwei Ölbrenner übernahmen die Kesselfeuerung; die Abgase gelangten über den Rauchgas-Speisewasservorwärmer, den Überhitzer und den Verbrennungsluftvorwärmer ins Freie.

Im hinteren Lokomotivteil befand sich der luftgekühlte Kondensator, vier Dachlüfter sorgten für die Kühlung. Das Kondenswasser sammelte sich in einem Tank und gelangte über den Speisewasservorwärmer in den Kessel zurück.

An der äußeren Gestalt erkennt man, da die für die USA so typische „cab-unit“-Form mit großer, elegant gewölbter Vorbaunase verwendet wurde, den großen Einfluß, den damals schon die Diesellokomotive ausübte. Erwähnenswert ist noch, daß die Drehgestelle aus Stahlguß, der Rahmen aus hochfestem Stahl und der Aufbau aus Aluminium bestand. Bei einer Länge über Kupplung von 27,6 m erreichte die Dienstmasse mit 11,5 m³ Heizöl und 15 m³ Wasser 236,5 t je Einheit; die Reibungsmasse war 152,7 t, die Höchstgeschwindigkeit soll 200 km/h betragen haben.

Es existieren nur wenige Meßergebnisse dieser interessanten Lokomotive. So lag der Dampfverbrauch mit 9,24 kg/kW (6,8 kg/PS) wesentlich über dem erwarteten; auch erreichte der Kessel nicht ganz die erforderliche Leistung; nach einem Umbau stieg die Dampferzeugung dann aber von 17,3 t/h auf 20,4 t/h an.

Die Doppeleinheit gelangte bei der Union Pacific zunächst in den Reisezugdienst und erregte damals weltweites Aufsehen. Ohne Wasseraufnahme und ohne Lokomotivwechsel ließ sich die Strecke Chicago–Omaha–Salt Lake City–Los Angeles zurücklegen. Auf einer Rundreise durch die USA stellte man sie dann dem Publikum vor; anschließend erfolgten Probefahrten auf der Northern Pacific RR und der New York Central. 1942 kam sie zwecks Überprüfung und Auswertung der Betriebsergebnisse in das Her-

stellerwerk zurück. Dort mußten aber wegen der Zeitumstände alle Arbeiten am Prototyp eingestellt werden, und General Electric verschrottete die Maschine schließlich gegen Kriegsende.

Die Reihe 500 der Chesapeake & Ohio

Mitte der 40er Jahre konnte man die Wirtschaftlichkeit und Einsatzbereitschaft der Diesellokomotive nicht mehr übersehen; trotzdem lag der Chesapeake & Ohio als Kohletransportbahn mehr an der Verfeuerung von Kohle als am Einsatz von Dieselöl. So begann die Bahn mit der Suche nach einer kohlebetriebenen, mit der Diesellokomotive konkurrenzfähigen Bauart. Zu dieser Zeit entstanden aber auch Pläne, zwischen Washington und Cincinnati in Ohio den „Chessie“-Stromlinienzug einzuführen, für den neue kräftige Maschinen zu beschaffen waren.

Es entstand schließlich in Zusammenarbeit zwischen Baldwin und Westinghouse eine 372 t schwere (2'Co1)(2'Co1Bo')-Lokomotive mit vornliegendem, 26,5 t fassendem Kohlebunker; es folgten der Führerstand und der mit der Feuerbüchse vorausfahrende Kessel sowie die Turbinen- und Generatoranlage.

Raum- und Gewichtsbeschränkungen stellten schwierige Aufgaben bei der Durchbildung der Maschinenanlage. Sie bestand aus der bei 6000 U/min 4416 kW (6000 PS) leistenden Dampfturbine, aus einem Getriebe und zwei der üblichen, auch bei Diesellokomotiven verwendeten Generatoren, die Serienbahnmotoren speisten. Der Maschinensatz, der zugleich die Ölbehälter und alle Hilfseinrichtungen, darunter mehrere Kühlgebläse für Generatoren und Fahrmotoren, umfaßte, ruhte in drei Punkten auf dem Hauptrahmen.

Bei einem Dampfdruck von 2,18 MPa (21,8 kp/cm²), einer Rostfläche von 10,44 m² und einer Heizfläche von 409,3 m², zuzüglich 164,4 m² für den Überhitzer, lieferte der leistungsfähige Regelkessel 38,5 t Dampf je Stunde. Die Feuerbüchse enthielt eine Verbrennungskammer und drei Wasserkammern; die Feuerung bediente ein Stoker. Bei einer Länge über Kupplung von 46,94 m betrug die Reibungsmasse 230,5 t.

Der sechssachsige Drehgestellender nahm nur das Speisewasser auf; er faßte bei 167 t

Dienstmasse 96 m³. Lok und Triebfahrzeug erhielten in Anbetracht des geplanten Verwendungszweckes eine elegante, stromlinienförmige Verkleidung.

Baldwin lieferte die erste Einheit mit der Betriebsnummer 500 im Juli 1947 aus, die anderen zwei folgten Anfang 1948. Noch im Dezember 1947 unternahm die 500 eine Publicity-Tour über das gesamte Netz der Chesapeake & Ohio, 1948 stand sie auf der Chicagoer Eisenbahnmesse. Nebenbei beförderte sie einige Reisezüge und fiel dabei durch schlechte Leistungen auf; die Anfahrzugkraft betrug 444 kN (44,4 t), die Dauerzugkraft 218 kN (21,8 t) und die Höchstgeschwindigkeit 161 km/h. Häufige Ausfälle erforderten besonders geschultes Personal; ein weiterer, mit der Anlage besonders vertrauter Mann fuhr ständig mit, um Ausfälle, soweit möglich, sofort beheben zu können. Im Herbst 1948 gab man die „Chessie“-Idee auf, so daß kein Bedarf mehr für solche Lokomotiven bestand, zumal sich immer klarer zeigte, daß der neue Typ die Diesellokomotiven in keiner Weise übertreffen konnte. Der Kohleverbrauch lag sogar höher als bei entsprechenden Kolbendampflokomotiven; die Unterhaltskosten waren enorm. So übernahm 1950 Baldwin die Riesenmaschinen, um sie bald darauf zu verschrotten.

Die 2300 der Norfolk & Western

Ende 1947 begannen die Firmen Westinghouse, Baldwin und Babcock & Wilcox angesichts der damals in den USA voll im Gang befindlichen Traktionsumstellung zu untersuchen, welche Einsatzmöglichkeiten für kohlegefeuerte Dampflokomotiven noch bestanden. Im Frühjahr 1948 trat diese Gruppe dann an die Norfolk & Western heran und erörterte mit ihr die Möglichkeiten eines praktischen Versuches, an dem die Bahn als einer der größten Kohletransporteure der USA besonders interessiert war.

1954 lieferte Baldwin die daraufhin entwickelte (Co'Co')(Co'Co')-Lokomotive mit der Betriebsnummer 2300 aus; in der Anordnung der Hauptbaugruppen entsprach sie der Chesapeake & Ohio-Maschine. Eine Zwischenbrücke, auf der sich die Aufbauten abstützten, verband je zwei Standard-Diesellokdrehgestelle mit 1066 mm großen Treibrädern und 3,962 m Achsstand. Der Ge-

samtachsstand ergab sich zu 29,4 m. Allgemein achtete man darauf, nur bewährte Bauelemente aus dem Eisenbahnbau, dem Schiffbau und anderen Bereichen zu verwenden.

Westinghouse baute die bei 8000 U/min 3389 kW (4500 PS) leistende Turbine, die über ein Getriebe mit dem Hauptgenerator verbunden war. Zu den wichtigsten Hilfsaggregaten gehörte eine Widerstandsbremse, deren Erregerstrom ein Turbo-Hilfsgenerator lieferte.

Der Wasserrohrkessel der Firma Babcock & Wilcox lieferte stündlich 23,3 t Dampf unter einem Druck von 4,22 MPa (42,2 kp/cm²); er verfügte über einen 6,83 m² großen Rost, 412 m² Heiz- und 142 m² Überhitzerfläche. Die Feuerung erfolgte mit Hilfe eines Stokers und eines Wanderrostes; die Frischluftzufuhr sicherte ein Turboventilator über einen Luftvorwärmer. Pumpen drückten das Speisewasser durch die Enthärtungsanlage, den Ölkühler der Turbine und den Vorwärmer; über einen Schornstein strömte der Turbinenabdampf ins Freie.

Mit 49,1 m Länge bei einer Dienstmasse von 370 t erwies sich die Lok sogar für die Drehscheiben der Norfolk & Western als zu lang; bei deren Benutzung hängte man deshalb den sechssachsigen Drehgestellender, der bei 165,3 t Dienstmasse 83 m³ Wasser faßte, ab, denn seine beiden gleich ausgeführten Stirnwände machten ein Wenden unnötig. Nach der am 19. 5. 1954 erfolgten Auslieferung stand die Dampfturbinenlokomotive zuerst auf der Southern Appalachian Indu-

strial Exhibit, bevor am 1. 6. 1954 erste Probefahrten stattfanden. Im Geschwindigkeitsbereich bis zu 19 km/h erwies sie sich mit Zugkräften bis zu 793 kN (79,3 t) modernen Mallets der Reihen A und Y6b überlegen. Als Dauerzugkraft ermittelte man bei 14 km/h 62,5 t; die Höchstgeschwindigkeit betrug 96 km/h; mit diesen Werten zeigte sie sich unterlegen; dagegen verbrauchte sie 20 bis 30 % weniger Kohle. Der Wasserrohrkessel übertraf nach einigen Änderungen alle Erwartungen; er ließ sich leicht feuern, erzeugte ausreichend Dampf, zeigte sich gegen Lastwechsel unempfindlich und gab saubere Abgase ab. Bis zum 1. 3. 1955 fuhr die Maschine im Güterzugdienst auf der Strecke Roanoke–Bluefield etwa 45000 km; im weiteren Einsatz gab es aber öfters Schwierigkeiten mit der elektrischen Anlage. Deshalb kam sie dann in den Schiebedienst über die Blue Ridge Mountains, von wo sie im Schadensfall schnell zur Bahnwerkstatt zu bringen war. Am 31. 12. 1957 schied sie aus dem Dienst aus; vom Personal erhielt sie übrigens die Bezeichnung „Big Jawn“ oder auch „Jawn Henry“.

2.10. Diesel-Dampflokomotiven

Diesel-Dampflokomotiven nahmen eine Zwitterstellung durch die Verbindung von Diesel- und Dampflokomotive ein. Die Anregung dazu entstammte der Zeit, als sich die

Diesellokomotive noch im Stadium des Experimentes befand und insbesondere im System der Kraftübertragung große Probleme bereithielt. So erlaubte der Dieselmotor zwar eine gute Ausnutzung flüssiger Brennstoffe, konnte aber nicht unter Last anfahren und verfügte nur über einen engen nutzbaren Drehzahlbereich. Die üblichen elektrischen oder mechanischen Kraftübertragungen vergrößerten die Masse und komplizierten die Anlage nicht unerheblich. So verwundert es nicht, wenn man wiederholt Baugruppen der bewährten Dampflokomotive mit dem Dieselmotor kombinierte. Dabei arbeiteten solche Lokomotiven bei niedriger Geschwindigkeit als Dampf-, bei hoher Geschwindigkeit als Diesel-Dampf- oder reine Diesellokomotive. Dies ergab eine gute Zugkraftcharakteristik, eine wirtschaftliche Arbeitsweise, einen geringen Verbrauch an Kesselspeisewasser und eine geringe Kesselbeanspruchung. Nachteilig war dagegen der komplizierte Gesamtaufbau, der hohe Ansprüche an Bedienung und Wartung stellte.

Die britische Kitson-Still-Lokomotive

Der Brite *W. J. Still* von der Still Engine Comp. entwickelte als erster eine Diesel-Dampflokomotive. Er verwendete einen Achtzylinder-Viertakt-Boxermotor, dessen äußere Kolbenseiten als Diesel- und dessen innere als Dampfmotor arbeiteten. Oberhalb des Motors befand sich ein ölgefeuerter Dampfkessel, dessen Wasserraum mit den Zylinder-Kühlmänteln in Verbindung stand;





die Motorabgase strömten durch spezielle Rauchrohre und gaben ihre Wärme ebenfalls an das Kesselwasser ab. Die Kraftübertragung auf die drei Kuppelachsen der 1'C1'-Tenderlokomotive übernahm ein zwischen der ersten und zweiten Kuppelachse angeordnetes Getriebe über Blindwelle und Kuppelstangen. Das Anfahren erfolgte ausschließlich mit Dampf. Nachdem eine gewisse Umdrehungszahl erreicht war, begann der Dieselmotor mit niedriger Belastung zu arbeiten, um oberhalb von 10 km/h die Leistung allein zu erzeugen. Der Kesseldampf diente nebenbei auch der Zugheizung und dem Betrieb der Vakuumbremse.

Kitson & Co. aus Leeds in Großbritannien baute 1926 eine derartige Lokomotive mit folgenden technischen Daten: Zylinderdurchmesser 343 mm, Hub 394 mm, Kuppelraddurchmesser 1520 mm, Achsstand 7,98 m, Kesseldruck 1,3 MPa (13 kp/cm²), Heizfläche 115 m², Dienstmasse 70 t, Reibungsmasse 51 t, Zugkraft 111 kN (11,1 t), Höchstgeschwindigkeit 72 km/h, Wasservorrat 4,5 m³, Ölvorrat 1,8 m³.

Versuchsfahrten fanden auf der London & North Eastern R.W. vor Reisezügen statt; dabei drehte der Motor bei Höchstgeschwindigkeit mit 450 U/min und erlaubte dabei eine Zugkraft von 31,7 kN (3,17 t). Als

Höchstleistung werden 883 kW (1200 PS) angegeben.

Die sowjetischen Diesel-Dampflokomotiven

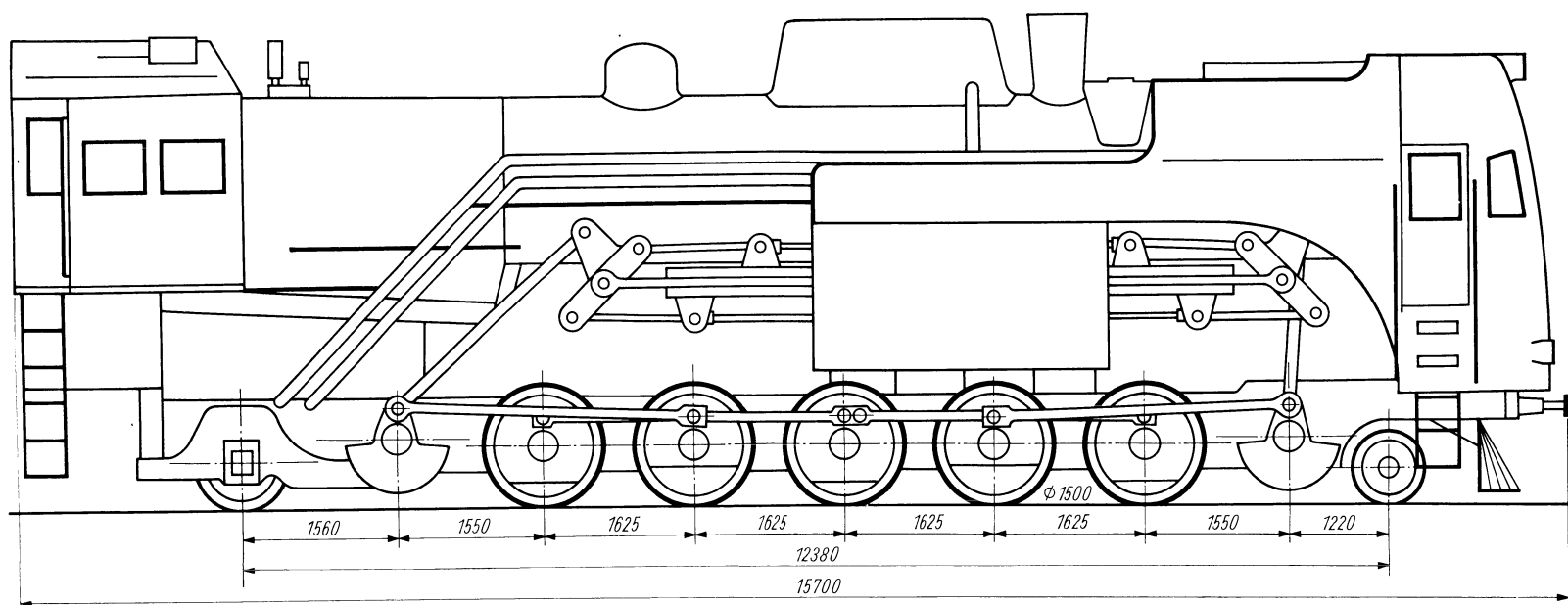
In der UdSSR entwickelte 1935 der Student des Moskauer Elektromechanischen Institutes für Transportingenieure, *L. M. Maisel*, ein eigenes Verfahren für Diesel-Dampflokomotiven. Bei diesem bildete der Zylinder den Arbeitsraum sowohl für die Verbrennung des Dieselöls als auch für den eingeleiteten Dampf, der nicht nur den Anfahrprozeß übernahm, sondern auch im höheren Geschwindigkeitsbereich unterstützend wirkte. Nach eingehender Begutachtung des Vorschlages erarbeitete das Institut für Eisenbahntransport ein Projekt, das die Grundlage für die Arbeit an einer Reisezuglokomotive im Woroschilowgrader Werk und den Umbau einer 1'C der Reihe K im Reparaturwerk Leningrad bilden sollte.

Die 8000 des Woroschilowgrader Werkes

Die erste sowjetische Diesel-Dampflokomotive stellte schließlich das Woroschilowgrader Werk mit der Achsfolge 1'D1' unter Anlehnung an die Reihe IC her. Völlig abweichend von ihr fiel die Laufwerksgestaltung aus. Die Zylinder von 430 mm Durchmesser

und 470 mm Hub waren in Fahrzeugmitte seitlich neben den 1850 mm großen Kuppelrädern gelagert; die beiden gegenläufigen Kolben arbeiteten auf zwei vor und hinter der ersten und letzten Kuppelachse angeordnete Blindwellen, die wiederum über Stangen die Kuppelräder bewegten. Die gewählte Anordnung versprach dank gutem Massenausgleich ansprechende Laufeigenschaften – für eine Reisezuglokomotive besonders wichtig. Bis zu einer Geschwindigkeit von 15 bis 25 km/h erfolgte die Kolbenbeaufschlagung wie üblich mit Dampf; oberhalb dieses Bereiches arbeiteten die beiden inneren Kolbenseiten wie ein Zweitakt-Gegenkolbenmotor, die äußeren als Dampfmaschine. Außer dem Triebwerk wichen alle anderen Hauptbaugruppen und ihre Anordnung nicht von der der Regellokomotiven ab. Die noch nicht genannten technischen Daten lauteten: Kesseldruck 2 MPa (20 kp/cm²), Rostfläche 4,73 m², Heizfläche 199,5 m², Überhitzerfläche 72,6 m², Dienstmasse 110 t, Reibungsmasse 90 t, Höchstgeschwindigkeit 130 km/h.

Die Fertigstellung erfolgte im Juni 1939, und die Staatsbahn übernahm das Muster unter der Betriebsnummer 8000; bis zum Jahre 1948 stand es dann auf verschiedenen Strecken im Probееinsatz.



Die 8001 des Woroschilowgrader Werkes

Erst nach Kriegsende konnte das Woroschilowgrader Werk 1948 eine zweite Diesel-Dampflokomotive, diesmal mit der Achsfolge 1'E1', gedacht für den Güterzugdienst, in Anlehnung an die Reihe $\Phi\Delta$ ausliefern.

Im Gesamtaufbau an die Nummer 8000 angelehnt, sind die technischen Daten wie folgt überliefert: Zylinderdurchmesser 400 mm, Hub 425 mm, Kuppelraddurchmesser 1500 mm, Kesseldruck 1,7 MPa (17 kg/cm²), Rostfläche 6 m², Heizfläche 220 m², Überhitzerfläche 70 m², Dienstmasse 152,9 t, Reibungsmasse 116,3 t.

Ihre Einsatzzeit blieb nur kurz; schon 1949 schied sie aus, eine Tatsache, die nicht auf Bewährung schließen läßt.

Die ТП 1-1 des Kolomensker Werkes

Ende 1939 übergab das Kolomensker Werk die zweite Diesel-Dampflokomotive der

UdSSR an die Staatsbahn. Bestimmt für den Güterzugdienst, hatte sie die Achsfolge 1'E1' und fiel noch ungewöhnlicher aus als die Woroschilowgrader Maschinen. Der Zylinderblock befand sich zwar ebenfalls etwa in Lokmitte, jedoch oberhalb der Kuppelräder. Jeder Zylinderblock bestand aus zwei übereinander angeordneten Zylindern von 700 mm Hub, in denen sich die Kolben in bekannter Weise gegenläufig bewegten. Die Kraftübertragung auf die 1500 mm großen Kuppelräder erfolgte über Schwinghebel, Blindwellen und Stangen und stellte ein kompliziertes Gebilde dar; der Achsstand belief sich auf 10,92 m. Der Kessel lehnte sich eng an den der Reihe C an und hatte bei 1,3 MPa (13 kp/cm²) Dampfdruck einen 4,67 m² großen Rost, 170,6 m² Heiz- und 80,5 m² Überhitzungsfläche.

Als Dienstmasse sind 158 t, als Reibungsmasse 120 t und als Höchstgeschwindigkeit 85 km/h bekannt.

Wirklich ungewöhnlich waren noch zwei weitere Merkmale: Ein Stirnführerstand ergänzte den an der üblichen Stelle befindlichen Heizerstand, und der sechssachsige Drehgestellender enthielt einen Gasgenerator, der je Stunde 4750 m³ aus Kohle produziertes Gas für den Dieselmotor lieferte. Nicht genug damit, ordnete man auf dem Tender auch noch eine Kondensvorrichtung an.

All diese Komponenten ergaben eine der wohl bemerkenswertesten Lokomotiven, die je gebaut wurden. Im Erprobungszeitraum beförderte die ТП 1-1 insgesamt 76 Güterzüge und legte mit ihnen 1790 km zurück. In der ersten Hälfte des Jahres 1941 kam sie in das Werk zur Behebung verschiedener Schäden zurück; der Kriegsausbruch verhinderte dann leider jede weitere Arbeit an ihr.

3. Dampflokomotiven für besondere Einsatzbereiche

3.1. Stromlinienlokomotiven

Zu Beginn dieses Jahrhunderts bestanden weltweit Bestrebungen, die Geschwindigkeiten der Reisezüge über das bis dahin übliche Maß anzuheben. Als eine der Möglichkeiten dazu betrachtete man, angeregt durch den Schiff- und den eben aufblühenden Flugzeugbau, stromlinienförmige Verkleidungen. Zunächst fielen diese noch sehr bescheiden aus und beschränkten sich vielfach nur auf zugespitzte Rauchkammertüren, Führerhäuser, Schornsteine und Dome. Der effektive Gewinn dieser Maßnahmen war gering und damals nur gefühlsmäßig zu erfassen. Wie wir noch sehen werden, führten Windkanalversuche und praktische Erprobungen im Laufe der Zeit dazu, daß hochwertige Verkleidungen entstanden.

Allerdings konnte die Stromlinienform nie vollkommen sein, da dem gewisse Betriebsanforderungen entgegenstanden, wie z. B. die Rücksichtnahme auf das Umgrenzungsprofil, die Zugänglichkeit von Kessel und Triebwerk und die Anbringung der Zug- und Stoßvorrichtung.

Stromlinienlokomotiven in Europa

Die Wittfeld-Kuhn-Lokomotiven der preußischen Staatsbahn

Um die Jahrhundertwende versuchte auch die preußische Staatsbahn, angeregt durch die Schnellfahrversuche auf der elektrifizierten Militärbahn von Marienfelde nach Zossen, höhere Fahrgeschwindigkeiten für ihre Reisezüge zu realisieren. So schrieb sie einen Wettbewerb für den Entwurf einer entsprechenden Dampflokomotive aus, die einen 180-t-Zug mit 120 km/h befördern und 150 km/h Höchstgeschwindigkeit erreichen sollte. Den ersten Preis errang Oberingenieur *Kuhn* von der Firma Henschel zusammen mit Oberbaurat *Gustav Wittfeld*; den Auftrag zum Bau zweier 2'B2'-n3v-Lokomotiven erhielt Henschel, die 1904 die beiden Exemplare als „Altona 561 und 562“ auslieferte.

Wittfeld und Kuhn verlegten den Führerstand nach vorn und beließen den Heizer auf seinem gewohnten Platz. Völlig neu im Loko-

motivbau war die durchgehende kastenförmige, vorn zugespitzte Verkleidung von Lokoberteil und Tender; beide Führerstände verband ein Seitengang, der sich durch den Tender fortsetzte; von dort übernahm ein Faltenbalg die Verbindung mit dem Zug. Bedingt durch die Verkleidung und den Seitengang, konnte der vierachsige Drehgestell-tender nur 20 m³ Wasser und 7 t Kohle aufnehmen. Da sich die Verständigung des Lokführers mit dem Heizer nicht realisieren ließ, fuhr ein zweiter Lokführer auf dem hinteren Führerstand mit.

Die 562 erhielt keine vollständige Verkleidung, sondern verfügte über zwei getrennte Windschneidenführerhäuser; des weiteren befanden sich die Kesselaufbauten unter einer Haube; der Tender blieb unverkleidet.

Interessant war auch die Ausführung des Triebwerkes. Der Hochdruckzylinder lag waagerecht über der hinteren Achse des vorderen Drehgestells; zwischen dem Drehgestell und der ersten Kuppelachse ordnete man außen die beiden Niederdruckzylinder an; alle drei hatten die gleichen Abmessungen und trieben die zweite Kuppelachse an.

Folgende technische Daten sind bekannt: Zylinderdurchmesser 524 mm, Hub 630 mm, Kuppelraddurchmesser 2200 mm, Achsstand 11,485 m, Kesseldruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 4,39 m², Heizfläche 259,81 m², Länge über Puffer 24,82 m, Dienstmasse 89,5 t, Reibungsmasse 36,6 t, Zugkraft 124 kN (12,4 t).

Die beiden Exemplare nahmen mit diesen technischen Daten innerhalb Preußens eine exponierte Stellung ein; sie übertrafen die größte Serien-Schnellzuglokomotive, die Reihe S7, sowohl in den Kesselabmessungen als auch in der Reibungsmasse erheblich. Zumindest in der Länge über Puffer konnten sie es auch mit den erst in den 20er Jahren entwickelten Reihen 01 und 03 aufnehmen. Außerdem steht ihnen der Ruhm zu, weltweit die ersten 2'B2'-Lokomotiven gewesen zu sein.

Bei im Jahre 1904 auf der Militärbahn durchgeführten Versuchen fuhr die 561 mit 221 t 128 km/h und mit 109 t 137 km/h, bot also keine herausragenden Leistungen. Als Ursachen galten die etwas zu kleinen Zylinder und die relativ hohe Achsfahrmasse von

18,3 t; auch bestanden noch viele Unklarheiten über die richtige Stellung der drei Triebwerkskurbeln und über die Steuerung. Nach Abschluß der Versuche baute man die Verkleidung ab, und der vordere Führerstand entfiel. Die zur Reihe S9 gezählten Lokomotiven wurden später als „Altona 901/902“ bezeichnet und kamen kurz vor dem ersten Weltkrieg als „Hannover 999/1000“ nach Hannover; bis zur Ausmusterung zu Anfang der 20er Jahre sollen sie Schnellzüge zwischen Hamburg und Berlin gefahren haben.

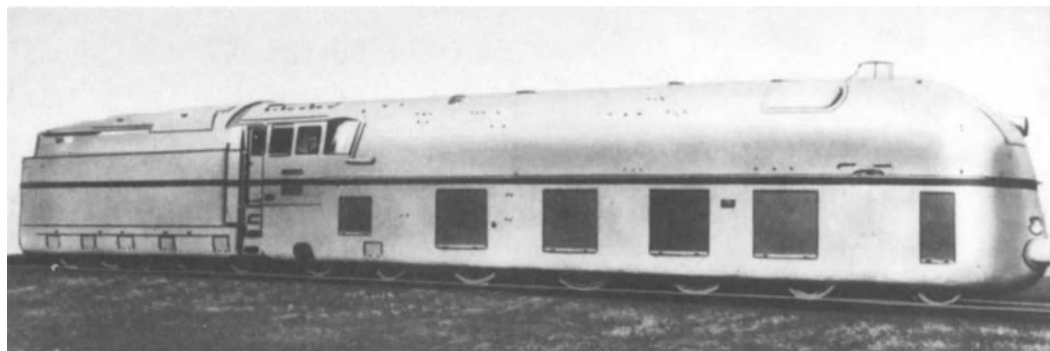
Die 03 154 der Deutschen Reichsbahn

Im Jahre 1932 entstand der Wunsch nach besonders schnellen Lokomotiven, wobei man ursprünglich nur an eine Versuchsmaschine zur Erprobung von Schnellzugwagen bei Fahrgeschwindigkeiten von etwa 150 km/h dachte, bald aber eine Einheit für den planmäßigen Dienst wünschte. Als besonders geeignet für die Entwicklung einer Stromlinienlokomotive erschien auf Grund der geleisteten Vorarbeiten die Firma Borsig, die schon aus eigenem Antrieb Versuche im Windkanal mit überraschenden Ergebnissen unternommen hatte.

Zunächst erhielt die 03 154 eine Triebwerksverkleidung, die durch Rollvorhänge und Klappen das Triebwerk zugänglich ließ, eine parabolische Rauchkammertür und ein zugespitztes Führerhaus. Mit diesem Fahrzeug fanden ausgiebige Erprobungen statt, um festzustellen, ob die Triebwerksverkleidung Ursache von Heißläufern sein könnte. Es zeigte sich aber, daß die Lagertemperaturen nur unwesentlich anstiegen, während der Gewinn an Zughakenleistung schon bei dieser nur teilverkleideten Maschine recht beachtlich war.

Die Reihe 05 der Deutschen Reichsbahn

Nun konnte die Entwicklung der ersten eigentlichen Stromlinienlokomotive beginnen, die Borsig 1935 mit den Betriebsnummern 05 001/002 lieferte. Neben der Vollverkleidung von Lok und Tender, die bis knapp zur Schienenoberkante reichte, ist die Nutzung des Drillingstriebwerkes bemerkenswert; dieses bot einen guten Massenausgleich und bessere Anfahrereigenschaften. Der Kupplerraddurchmesser stieg, um die Drehzahl in Grenzen zu halten, erstmals bei deut-



schen Bahnen auf 2300 mm; die beiden Drehgestelle garantierten eine ausgezeichnete Führung im Gleis. Der Kessel übertraf den der 01 nur geringfügig, den Dampfdruck setzte man auf 2 MPa (20 kp/cm²) fest. Völlig neu für die Deutsche Reichsbahn war auch die erstmalige Nutzung eines fünfachsigen Tenders, des größten bis dahin gebauten; ein an der Rückwand angeordneter Faltenbalg sorgte für einen harmonischen Strömungsverlauf zum Zug.

Die Leistungen der Lokomotiven übertrafen alle Erwartungen; die Höchstgeschwindigkeit konnte unbedenklich auf 175 km/h festgelegt werden; damit ließen sich in der Ebene noch 300-t-Züge befördern. In allen Geschwindigkeitsbereichen befriedigte die Laufruhe durchaus, Kessel- und Maschinenleistung entsprachen dem Verwendungszweck, und die Verbrauchszahlen lagen günstig. Am 11. 5. 1936 gelang es der 05 002 auf der Strecke Hamburg–Berlin, mit einem 197-t-Zug die bis dahin von einer Dampflokomotive noch nie erreichte Geschwindigkeit von 200,4 km/h zu erzielen, eine Rekordfahrt, die in aller Welt gewaltiges Aufsehen erregte.

Beide Maschinen übernahm 1936 das Bw Altona in den Plandienst; ab Kriegsbeginn, als der Schnellverkehr eingestellt werden mußte, verkamen sie bei Gelegenheitsarbeiten. Nach dem Krieg überarbeitete die Firma Krauss-Maffei 1951 beide Exemplare; dabei entfiel die Verkleidung; den Dampfdruck senkte man auf 1,6 MPa (16 kp/cm²). 1958 erfolgte die Ausmusterung; die 05 001 blieb, in den Ursprungszustand rückversetzt, im Verkehrsmuseum Nürnberg erhalten.

1937 kam zu den beiden Lokomotiven noch

eine Schwestermaschine, die 05 003, die, wie schon im Kapitel über Kohlenstaubfeuerungen ausgeführt, einen vorderen Führerstand hatte. Die technischen Daten der Reihe 05 sind dort zu entnehmen.

Die 03 193 der Deutschen Reichsbahn

Noch vor der Ablieferung der 05er entschloß sich die Deutsche Reichsbahn, auch eine der damals in Serie produzierten Lokomotiven der Reihe 03 mit einer Stromlinienverkleidung zu versehen, um so vorzügliche Vergleichsmöglichkeiten mit der unverkleideten Variante zu haben. 1935 lieferte Borsig die vollverkleidete 03 193 ab; Versuchsfahrten ergaben bei 120 km/h einen effektiven Gewinn von 213 kW (290 PS) und bei 140 km/h einen von 283 kW (385 PS); das waren 27 % bzw. 48 % mehr als bei der unverkleideten Variante, dementsprechend sank der Kohleverbrauch.

Dieses beeindruckende Ergebnis, erzielt durch das verhältnismäßig einfache Mittel einer Blechverkleidung, führte dazu, daß die Deutsche Reichsbahn in Zukunft bei schnellen Reisezuglokomotiven auf eine Stromlinienverkleidung nicht mehr verzichten wollte.

Die Reihe 61 der Deutschen Reichsbahn

Zu Beginn der 30er Jahre gelang es, mit Hilfe der Schnelltriebwagen den Reisezugverkehr wesentlich zu beschleunigen. Bald bestand aber der Wunsch, deren Leistungen auch mit einem Dampfzug zu erreichen, der gegenüber dem Triebwagen den Vorteil besaß, die einheimische Kohle als Energieträger verwenden zu können; zudem ließ sich das Platzangebot erhöhen und gegebenen-

falls variieren. So legten die Lokomotivfabrik Henschel und die Waggonfabrik Wegmann das Projekt eines leichten Stromlinienzuges vor, der von einer ebenfalls stromlinienverkleideten 2'C2'-Tenderlokomotive gezogen werden sollte, die den 125 t schweren Zug auf 175 km/h zu bringen hatte.

Die erforderliche Leistung ließ sich noch in einem Zwillingstriebwerk unterbringen, allerdings waren ihm trotz eines Kuppelrad-durchmessers von 2300 mm bei den vorgesehenen Geschwindigkeiten deutliche Grenzen gesetzt. Es sollte sich zeigen, daß die Maschine bereits bei 160 km/h so unruhig lief, daß das Zwillingstriebwerk seither für den Hochgeschwindigkeitsbereich nicht mehr verwendet wurde. Aus Platzgründen entschied man sich für eine Sonderbauform des Kessels mit langer, schmaler, über dem Rahmen liegender Feuerbüchse. Die Stromlinienverkleidung reichte tief herab und umschloß das Triebwerk vollständig. Gegen-

über anderen Einheitslokomotiven existierten einige Besonderheiten. So brauchte die Lok am Zielbahnhof nicht zu wenden und konnte ihre Höchstgeschwindigkeit auch bei Rückwärtsfahrt entfalten. Zur besseren Streckenbeobachtung führte man Regler, Steuerung und Bremsventile doppelt aus, und zwar für beide Führerstandsseiten. Zwei Turbogeneratoren übernahmen die gesamte Zugbeleuchtung, die Versorgung der Lüftungsanlage und die Speisung der Magnetschienenbremsen, abweichend auch die Nutzung der Scharfenbergkupplung.

Mitte 1935 übergab Henschel die 61 001 an das Lokomotivversuchsammt in Grunewald, wo ab März 1936 die Meßfahrten begannen. Dabei erreichte sie nach 3 km in 3 min eine Geschwindigkeit von 100 km/h, für 160 km/h benötigte sie 14 km und 8 min; als Höchstgeschwindigkeit ermittelte man 185 km/h. Der Henschel-Wegmann-Zug verkehrte dann zwischen Dresden und Berlin; die 61 001

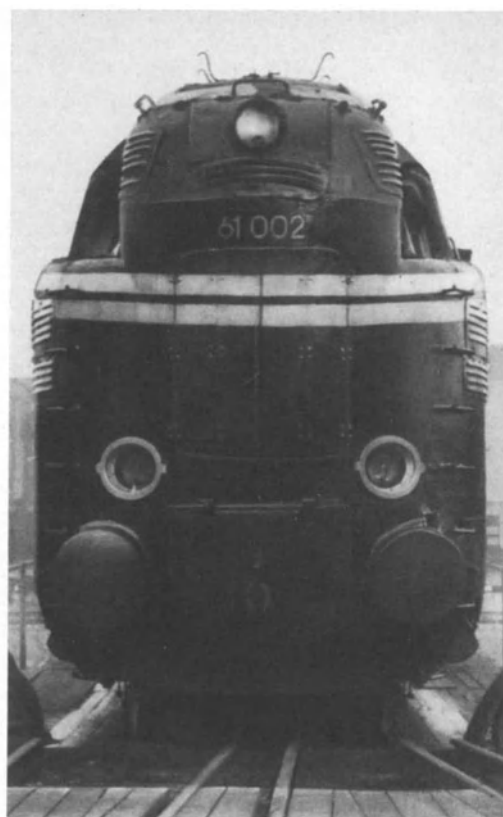
teilte die Deutsche Reichsbahn dem Bw Dresden-Altstadt zu. Für die 176 km nach Berlin standen 100 min Fahrzeit zur Verfügung, was einer Reisegeschwindigkeit von 106 km/h entsprach.

1936 erhielt Henschel den Auftrag, eine Schwesterlokomotive zu bauen, die 61 002, bei der ein Drillingstriebwerk, größere Vorräte und eine Anzahl sonstiger Änderungen gegenüber der 61 001 Berücksichtigung fanden. Das Schleppdrehgestell mußte wegen der erhöhten Vorräte dreiaxsig sein. Mit der Lieferung im Jahre 1939 standen damit zwei Schnellfahrlokomotiven zur Verfügung, doch verhinderte der Krieg die damit mögliche bessere Fahrplangestaltung.

Zunächst aber die technischen Daten der 61 001: Zylinderdurchmesser 460 mm, Hub 750 mm, Achsstand 14,35 m, Kesseldruck 2 MPa (20 kp/cm²), Rostfläche 2,75 m², Heizfläche 151,65 m², Überhitzerfläche 69,2 m², Länge über Puffer 18,475 m, Dienstmasse 129,16 t, Reibungsmasse 56,7 t, Zugkraft 110,4 kN (11,04 t), Wasservorrat 17 m³, Kohlevorrat 5 t.

Für die 61 002 lauteten die davon abweichenden Werte: Zylinderdurchmesser 390 mm, Hub 660 mm, Achsstand 15,025 m, Heizfläche 149,82 m², Überhitzerfläche 73,4 m², Länge über Puffer 18,825 m, Dienstmasse 146,3 t, Reibungsmasse 56,3 t, Zugkraft 104,8 kN (10,48 t), Wasservorrat 21 m³, Kohlevorrat 6 t.

Bei Kriegsende befand sich die 61 001 im AW Braunschweig. Den Dampfdruck reduzierte man dort auf 1,6 MPa (16 kp/cm²) und entfernte die Triebwerksverkleidung. Die Lok verrichtete nun untergeordnete Dienste, stand ab 1951 wegen eines Kesseldefektes still und wurde am 14. 11. 1952 ausgemustert. Die 61 002 verblieb im Bw Dresden-Altstadt und beförderte nach Senkung des Kesseldruckes und Entfernen der Triebwerksverkleidung auf der Strecke Dresden–Bad Schandau leichte Reisezüge. 1960 erlebte sie eine Wiedergeburt als 2'C1'-Lokomotive mit der Betriebsnummer 18 201; sie ist jetzt im Bestand der VES-M Halle.



Die Stromlinienlokomotiven der Lübeck–Büchener Eisenbahn (Reihe 60 der Deutschen Reichsbahn)

Die private Lübeck–Büchener Eisenbahn beschaffte 1936 bei Henschel für ihre auf der Strecke Hamburg–Lübeck mit 120 km/h verkehrenden Doppelstock-Wendezüge zwei 1'B1'-h2-Stromlinienlokomotiven.

Nachdem diese sich gut bewährten und auch an sich nicht vorgesehene Doppelleinheiten zufriedenstellend befördert hatten, folgte 1937 ein drittes, etwas schwereres Exemplar mit größeren Wasservorräten und leistungsfähigerem Kessel. Bemerkenswert war die Ausrüstung mit einer Fernsteuerung; bei Schiebebetrieb konnte der Lokführer vom ersten Wagen aus den Regler bedienen, der Heizer verblieb dabei auf der Lokomotive.

Zum Vergleich folgen die wichtigsten technischen Daten: Zylinderdurchmesser 400 mm, Hub 660 mm, Kuppelraddurchmesser 1980 mm, Achsstand 8,75 m, Kesseldruck 1,6 MPa (16 kp/cm²), Rostfläche 1,4 m² bzw. 1,58 m², Heizfläche 75,4 m² bzw. 86,4 m², Überhitzerfläche 26 m² bzw. 30,3 m², Länge über Puffer 12,38 m, Dienstmasse 69 t bzw. 72,9 t, Reibungsmasse 36,56 t bzw. 37,8 t, Zugkraft 64 kN (6,4 t), Wasservorrat 9,25 m³ bzw. 10,6 m³, Kohlevorrat 3,5 t.

1938 übernahm die Deutsche Reichsbahn alle drei Maschinen als Reihe 60, fand aber keine rechte Verwendung dafür und musterte sie am 3. 11. 1942 aus. Die 60 002 und die 60 003 blieben auf dem Gebiet der späteren DDR erhalten, erlebten eine Wiederaufarbeitung und gelangten in die Bw Berlin-Lichtenberg und Stralsund. Sie behielten ihre Stromlinienform und liefen mit einer Teilverkleidung. Die 60 003 schied am 25. 5. 1954 aus, die 60 002 stand bis etwa 1958 im Einsatz, wurde dann abgestellt und am 12. 1. 1967 ausgemustert.

Da diese drei Lokomotiven zur Verkehrsabwärtigung nicht ausreichten, die Bahn aus Werbegründen aber an einem gleichmäßigen äußeren Bild der Züge festhalten wollte, erhielten auch sechs 1'C-Tenderlokomotiven der Reihe 74 Stromlinienverkleidung.

Die Reihe 06 der Deutschen Reichsbahn

Recht bald stellte sich das Bedürfnis ein, auch schwerere Züge schneller zu fahren. So entstanden bei Krupp in Zusammenarbeit mit der Deutschen Reichsbahn zwei 2'D2'-Stromlinienlokomotiven der Reihe 06, bestimmt zur Beförderung schwerer Schnellzüge in hügeligem Gelände. Die Maschinen sollten in der Ebene 650-t-Züge mit 120 km/h und auf 1 % Steigung mit 60 km/h fahren, die Höchstgeschwindigkeit mußte 140 km/h betragen.

Ein Drillingstriebwerk mit Zylindern von 520 mm Durchmesser bei 720 mm Hub, das auf zwei Achsen wirkte, verlieh der Lokomotive gute Laufeigenschaften und eine angemessene Beschleunigung, den Kuppelraddurchmesser legte man mit 2000 mm fest, der Achsstand erreichte 14,525 m. Der für 2 MPa (20 kp/cm²) ausgelegte, mit der Reihe 45 identische Kessel aus hochfestem Stahl hatte extrem lange Rauch- und Heizrohre von 7,5 m Länge; die Rostfläche umschloß 5,04 m², die Heizfläche 289 m² und die Überhitzerfläche 132,5 m². Mit diesen Dimensionen übertraf er alle sonst in Deutschland gebauten Lokomotivkessel, allerdings stand seine Leistungsfähigkeit in keinem Verhältnis zu den Abmessungen; die Strahlungsheizfläche fiel, gemessen an der Rostgröße und der Rohrheizfläche, viel zu klein aus. Eine Verbrennungskammer zur Vergrößerung der Strahlungsheizfläche lehnte Robert Wagner, Chef des Entwicklungsbüros der Deutschen Reichsbahn, als „Verlegenheitslösung des Konstrukteurs“ ab. Auch vom Stoker wollte er nichts wissen; dafür mußten die 06 aber mit zwei Heizern besetzt werden.

Bei einer Länge über Puffer von 26,52 m lag die Dienstmasse bei 143,6 t, davon entfielen 79,82 t auf die Kuppelräder. Der mit einer Kohlennachschubeinrichtung versehene fünfachsige Tender nahm 38 m³ Wasser und 10 t Kohle auf.

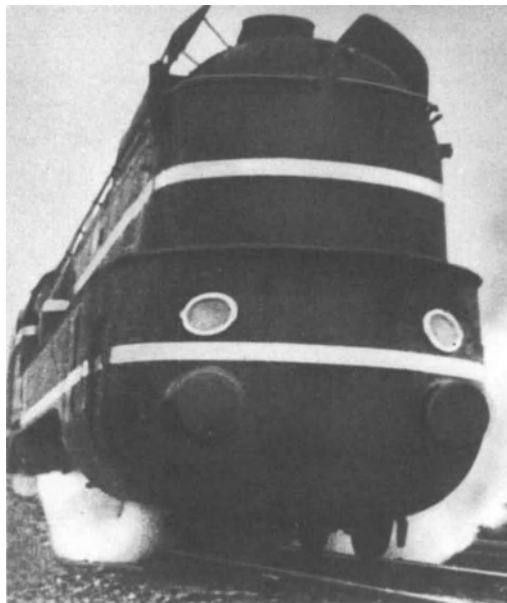
Die Stromlinienverkleidung und die konstruktive Durchbildung von Lok und Tender lehnten sich eng an die Reihe 05 an, jedoch ließ die Verkleidung erstmals das Triebwerk und das hintere Drehgestell frei.

Krupp lieferte beide Maschinen 1939 aus, die 06 001 kam zum Lokomotivversuchsanstalt Grunewald und die 06 002 zum Bw Frankfurt (Main). Der Kriegsbeginn unterbrach alle Versuchsfahrten, und so gelangte auch die 06 001 nach Frankfurt; beide Lokomotiven standen im Schnellzugdienst nach Erfurt und Würzburg. Dabei stellte sich heraus, daß die Kessel trotz nur mäßiger Beanspruchung wegen der extrem hohen Feuerbüchsenheizflächenbelastung immer wieder zu Schäden neigten. Die Deutsche Bundesbahn, die die beiden Riesen übernahm, sah dafür keine Verwendung und sonderte sie am 14. 11. 1951 aus.

Krupp lieferte beide Maschinen 1939 aus, die 06 001 kam zum Lokomotivversuchsanstalt Grunewald und die 06 002 zum Bw Frankfurt (Main). Der Kriegsbeginn unterbrach alle Versuchsfahrten, und so gelangte auch die 06 001 nach Frankfurt; beide Lokomotiven standen im Schnellzugdienst nach Erfurt und Würzburg. Dabei stellte sich heraus, daß die Kessel trotz nur mäßiger Beanspruchung wegen der extrem hohen Feuerbüchsenheizflächenbelastung immer wieder zu Schäden neigten. Die Deutsche Bundesbahn, die die beiden Riesen übernahm, sah dafür keine Verwendung und sonderte sie am 14. 11. 1951 aus.

Die Reihe 01¹⁰ der Deutschen Reichsbahn

Nachdem ein mehrjähriger planmäßiger Betrieb die Wirtschaftlichkeit und Sicherheit eines Schnellzugdienstes mit Stromlinienlokomotiven erwiesen hatte, beschaffte die Deutsche Reichsbahn eine größere Anzahl im Rahmen ihres Neubeschaffungsprogramms. Da die mit den 05ern erreichte Höchstgeschwindigkeit weit über das praktisch erforderliche Maß hinausging, entschloß man sich, die Lokomotivfabrik Wilddau mit dem Bau einer stromlinienverkleideten 2'C1'-Lokomotive für 150 km/h Höchstgeschwindigkeit zu beauftragen. Die als 01¹⁰ eingestufte Reihe war für die Beförderung schwerer Schnellzüge im Flachland be-



stimmt, mußte aber auch auf steigungsreichen Hügellandstrecken genügend Leistungsfähigkeit haben.

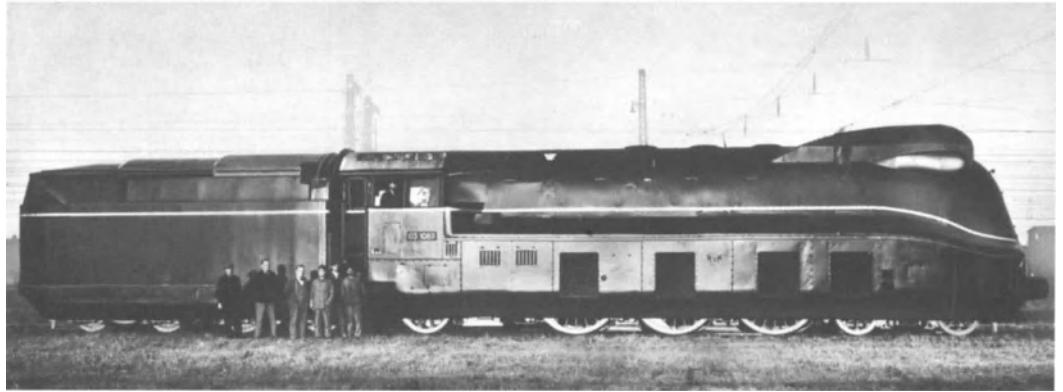
Im Prinzip handelte es sich bei der 01¹⁰ um eine mit Drillingstriebwerk ausgeführte Weiterentwicklung der Reihe 01, Achsstände und Kesselabmaße entsprachen denen der 01 fast vollständig; das Drillingstriebwerk hielt man nach den Erfahrungen mit der 61 001 als unbedingt erforderlich. Die Stromlinienverkleidung umschloß Lok und Tender vollständig; sie reichte bis kurz über die Schienenoberkante; Metalljalousien ermöglichten den Zugang zum Triebwerk.

Obwohl die Reihe 01¹⁰ sehr bekannt ist, sollen hier doch die technischen Daten folgen: Zylinderdurchmesser 500 mm, Hub 660 mm, Kuppelraddurchmesser 2000 mm, Achsstand 12,4 m, Kesseldruck 1,6 MPa (16 kp/cm²), Rostfläche 4,32 m², Heizfläche 246,9 m², Überhitzerfläche 86 m², Länge über Puffer 24,13 m, Dienstmasse 114,3 t, Reibungsmasse 60,2 t, Zugkraft 148 kN (14,8 t), fünfschiger Tender für 38 m³ Wasser und 10 t Kohle.

Wildau lieferte 1939/40 insgesamt 55 Exemplare aus, weitere Aufträge mußten wegen des Krieges zurückgezogen werden. Im Einsatz erwies sich die Wartung des Triebwerkes wegen der oft verkleimten oder zugefrorenen Metall-Rolläden als sehr schwierig; deshalb schnitt man die Triebwerksverkleidung auf knapp über Achsmittle zurück, ab 1944 entfernte man sie bei einigen Maschinen vollständig. Nach Kriegsende waren die wenigen einsatzfähigen Einheiten völlig verwahrlost; wegen der niedrigen jetzt gefahrenen Geschwindigkeiten konnte die Verkleidung entfallen. Die Deutsche Bundesbahn, die alle 55 Stück übernahm, baute sie deshalb zwischen 1949 und 1951 ab. In dieser Form liefen die Lokomotiven nach einer Rekonstruktion in den Jahren 1953 bis 1957 teilweise noch bis in die 70er Jahre.

Die Reihe 03¹⁰ der Deutschen Reichsbahn

Ähnlich wie bei der 01 entstand auch für die Reihe 03 eine Stromlinienvariante mit Drillingstriebwerk als Reihe 03¹⁰. Am 1939 einsetzenden Bau von 60 Maschinen beteiligten sich die Firmen Borsig, Krupp und Krauss-Maffei. Krupp und Krauss-Maffei wählten eine bis auf die Schienen reichende Verklei-



dung, während die Borsig-Lokomotiven das Triebwerk frei ließen. Auch hier ordnete die Deutsche Reichsbahn bald Sonderarbeiten zur Freilegung des Triebwerkes aller vollverkleideten Einheiten an.

Nach dem Krieg gelangten 26 Maschinen zur Deutschen Bundesbahn, 21 kamen zur Deutschen Reichsbahn, zehn verblieben in Polen, zwei musterte man schon 1944 aus, und eine blieb verschollen. Sowohl die Deutsche Reichsbahn als auch die Deutsche Bundesbahn demontierten die Verkleidungen und stellten Ende der 50er, Anfang der 60er Jahre Hochleistungskessel zur Verfügung.

Teilverkleidete Lokomotiven in der BRD und der DDR

Nur am Rande gestreift werden sollen die beiden 1957 von Krupp gebauten 2'C1'-Schnellzuglokomotiven der Reihe 10 und die von der Deutschen Reichsbahn umgebauten Lokomotiven 18 201 und 18 314, die eine Teilverkleidung der vorderen Triebwerkspartie hatten. Beabsichtigt war damit neben einer geringfügigen Verringerung des Luftwiderstandes der Schutz der Zylinder vor Abkühlung und Verschmutzung (Bild Seite 164).

Zu den Stromlinienlokomotiven zählte auch die 19 1001, die aber schon im Kapitel über die Einzelachsantriebe ihre Würdigung fand.

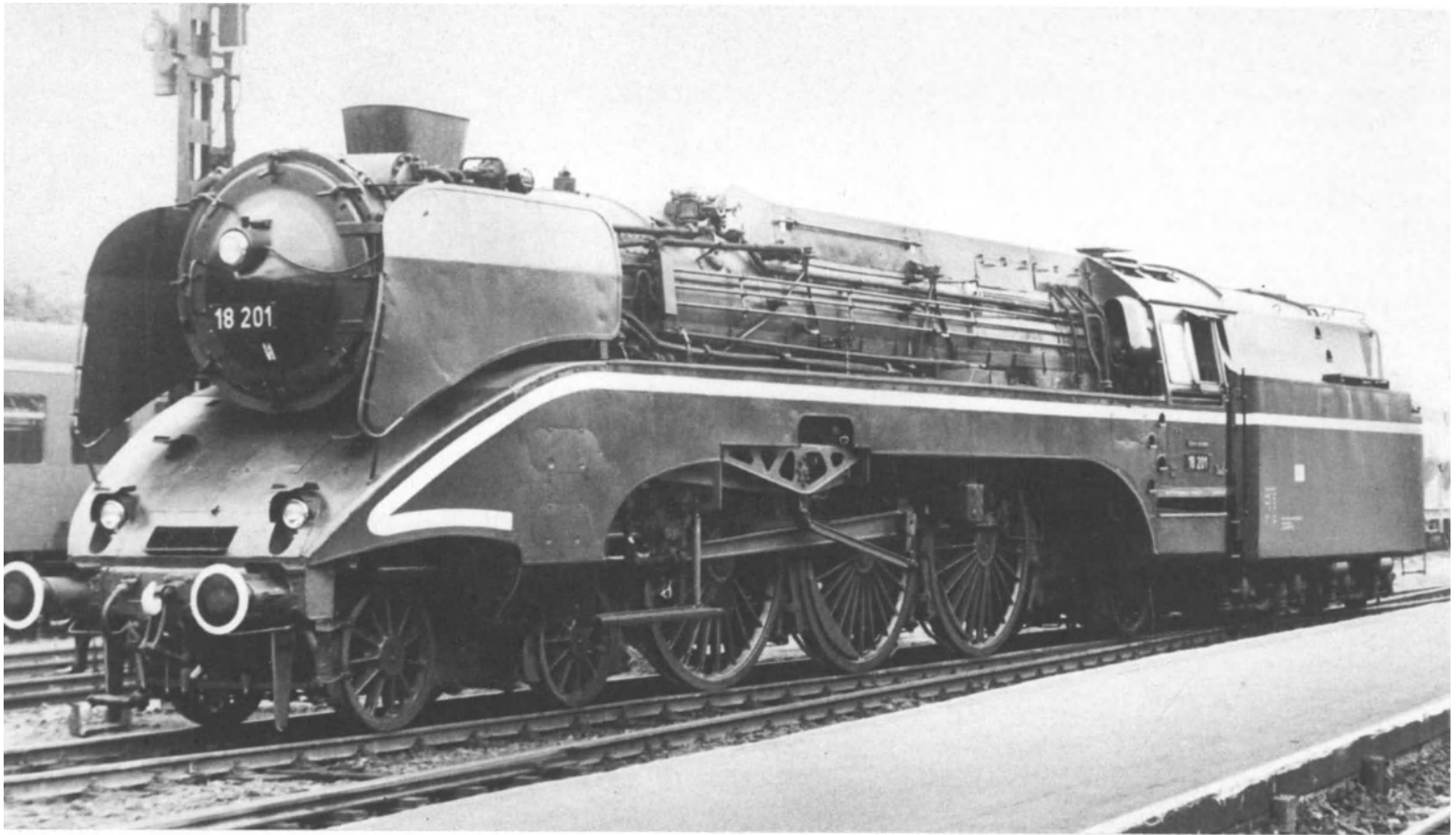
Die Reihe A4 der London & North Eastern R.w.

Ab Anfang der 30er Jahre erwartete das Reichsepublikum, angeregt durch den aufblühenden Auto- und Luftverkehr, auch in Großbritannien komfortablere und gleichzeitig

schnellere Züge, die wiederum leistungsfähigere Lokomotiven erforderten. Dies betraf in erster Linie die Expreßzüge auf den Nord-Süd-Strecken der London & North Eastern R.w. und der London, Midland & Scottish R.w. auf den Verbindungen zwischen London und Glasgow bzw. Edinburgh. Zwar existierten hochwertige und schnelle Lokomotiven, doch die Fahrzeugdezernenten der beiden Gesellschaften, *Herbert Nigel Gresley* und *William Arthur Stanier*, hielten sie für den kommenden Hochgeschwindigkeitsverkehr nicht für ausreichend. Eine stromlinienförmige Verkleidung schien unentbehrlich; so entstanden schließlich neue Entwürfe auf der Basis vorhandener Muster.

Mit dem „Silver Jubilee“, benannt nach dem 25. Thronjubiläum des Königs, machte die London & North Eastern R.w. den Anfang. Außer dem Zug selbst beeindruckten mit ihrem Silberanstrich auch die vier neuen 2'C1'-Maschinen der Reihe A4. Gresley veränderte gegenüber der Ursprungsreihe A3 nur wenige Details; dazu gehörten der verkleinerte Zylinderdurchmesser des Drillingstriebwerkes, die strömungsgünstiger gestalteten Dampfwege, der um 0,2 MPa (2 kp/cm²) gehobene Kesseldruck, der vergrößerte Überhitzer und der Einbau einer Verbrennungskammer. Die eigenwillige Verkleidung ließ das Laufwerk frei.

Die technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser 470 mm, Hub 660 mm, Kuppelraddurchmesser 2032 mm, Kesseldruck 1,76 MPa (17,6 kp/cm²), Rostfläche 3,83 m², Heizfläche 260,8 m², Überhitzerfläche 69,6 m², Dienstmasse 104,6 t, Reibungsmasse 67,1 t, Höchstgeschwindigkeit



160 km/h, Tenderdienstmasse 66,5 t, Wasservorrat 22,7 m³, Kohlevorrat 9 t. Beim Einsatz der A4 konnten hervorragende Ergebnisse erzielt werden; die erste Maschine, die „Silver Link“, erreichte nach nur drei Wochen Einfahrzeit am 27. 9. 1935 mit einem 235-t-Zug eine Höchstgeschwindigkeit von 181 km/h und legte eine Strecke von 70 km mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 161 km/h zurück. Daraufhin entstanden zwischen 1936 und 1938 in der Bahnwerkstatt Doncaster weitere 31 A4. Am 3. 7. 1938 fand eine bemerkenswerte Rekordfahrt mit der 4468 „Mallard“ statt, einer fast neuen Maschine, die als Besonderheit einen Kylchap-Doppelschornstein besaß, aber sonst durchweg den Serienlokomotiven entsprach. Mit 244 t am Zughaken erreichte sie während der Fahrt von Grantham

nach Peterborough kurz vor Essendine kurzzeitig eine Geschwindigkeit von 202,8 km/h. Damit übertraf sie die deutsche Rekordhalterin 05 002. Zwar erleichterte ein leichtes Gefälle von 0,4 % die Rekordfahrt, doch übertraf die Wagenzugmasse die der 05 002; darüber hinaus war die A4 wesentlich kleiner, kleiner sogar als die deutsche 01. Zudem hatte die 05 002 größere Kuppelräder. Dennoch ermöglichten es die Qualitäten von Trieb- und Laufwerk sowie die Belastbarkeit des Kessels, daß die „Mallard“ die schnellste Dampflokomotive der Welt blieb. 1948 kamen noch 34 A4 zu den British Rw.; die „Mallard“ wurde im April 1963 ausgemustert und steht heute im Eisenbahnmuseum in York.

Mit den 35 A4 war die London & North Eastern Rw., abgesehen von Deutschland,

eine Ausnahmerecheinung; keine andere Bahn in Europa besaß eine so große Flotte von Stromlinienlokomotiven. Lediglich die London, Midland & Scottish Rw. schuf mit ihren 24 Einheiten der „Coronation“-Klasse, die die leistungsstärksten britischen Pazifiks blieben, etwas Vergleichbares

Stromlinienlokomotiven in Nordamerika

Die „Commodore Vanderbilt“ und die Reihe J-3 der New York Central

In Anbetracht der Bedeutung der USA-Bahnen sei hier die Entwicklung ihrer Stromlinienlokomotiven noch etwas ausführlicher dargestellt.

1934 entstand durch den Umbau einer 2'C2'-Lokomotive der Reihe J-1e der New York Central mit der Betriebsnummer 5344 die er-

ste derartige Maschine der USA, die unter dem Namen „Commodore Vanderbilt“ im Dezember 1934 erste Probefahrten von New York nach West Albany durchführte. Mit ihr sollte insbesondere der Einfluß der Verkleidung auf das Fahrverhalten erprobt werden. Die Form der Verkleidung entstand mit Hilfe ausgedehnter Windkanalversuche, das Triebwerk lag völlig frei und blieb vom Bedienungsgang aus einsehbar. Die Stirnkuppelung saß hinter einer Klappe; eine große Tür ermöglichte die Rauchkammerreinigung. Auch der Tender erhielt eine Verkleidung, den Übergang zum Führerhaus verdeckten Vorhänge, den Kohlenraum schlossen Klappen ab.

Ende 1934, Anfang 1935 erhielt sie anlässlich einer Hauptausbesserung einen neuen Kessel für 1,76 MPa (17,6 kp/cm²) Druck; in Zusammenhang damit verringerte man den Zylinderdurchmesser auf 602 mm; gleichzeitig bekam sie Scullin-Doppelscheibenräder und Wälzlager an allen Achsen sowie Leichtgewichtttreib- und Kuppelstangen. Im Juli 1939 paßte die Bahn die Verkleidung denen der J-3 Lokomotiven an, danach lief sie als 4917.

Den Höhepunkt der Entwicklung bei der New York Central bildeten zehn 2'C2'-J-3-Stromlinienlokomotiven, deren Verkleidung eine gute Zugänglichkeit des Triebwerkes ermöglichte und trotzdem so schnittig aussah, daß die Maschinen die Paradeperle der Bahn wurden. 1941 folgten zwei weitere J-3 mit gesickten Verkleidungsblechen, die in dieser Form besser zu den von Budd gebauten Wagen des „Empire State Express“ paßten. 1945/46 wechselte man die sechssachsigen Drehgestellender gegen die mächtige „Centipede“-Steifrahmenbauart aus, die mit ihrem größeren Fassungsvermögen längere Fahrstrecken erlaubte; zwischen 1945 und 1949 wurden dann an allen Lokomotiven die Verkleidungen entfernt.

Hier die technischen Daten der „Commodore Vanderbilt“: Zylinderdurchmesser 635 mm, Hub 711 mm, Kuppelraddurchmesser 2000 mm, Rostfläche 7,6 m², Heizfläche einschließlich Überhitzer 599 m², Dienstmasse 162,7 t, Reibungsmasse 82 t, Zugkraft 192 kN (19,2 t) ohne und 252 kN (25,2 t) mit Booster. Die Originaltender faßten 25,4 t Kohle und 51,3 m³ Wasser. In folgenden

Werten wichen die J-3 davon ab: Zylinderdurchmesser 571 mm, Hub 737 mm, Heizfläche einschließlich Überhitzer 551,7 m², Dienstmasse 165,6 t, Reibungsmasse 87 t.

Die Reihe A der Chicago, Milwaukee, St. Paul & Pacific

Als die wohl berühmtesten „Atlantics“ gelten die vier 1935 von Alco gebauten Hochgeschwindigkeits-Stromlinienlokomotiven der Reihe A der Chicago, Milwaukee, St. Paul & Pacific, die die bekannten „Hiawatha“-Expreßzüge beförderten.

Zwei Zylinder von 483 mm Durchmesser bei 711 mm Hub arbeiteten auf 2134 mm große Kuppelräder; ein Stahlgußrahmen, der auch die Hauptluftbehälter und die Zylinder einschloß, bildete die Fahrwerksbasis. Alle Achsen liefen auf Wälzlager, der Achsstand belief sich auf 11,46 m. Der teilweise geschweißte, ölgefeuerte Kessel wies den damals ungewöhnlich hohen Dampfdruck von 2,11 MPa (21,1 kp/cm²) auf, er enthielt einen Rost von 6,4 m², eine Heizfläche von 301,5 m² und 95,6 m² Überhitzerfläche.

Ganz dem Äußeren der Wagen angepaßt, erstreckte sich die die Räder frei lassende Stromlinienverkleidung über Lok und Tender. Bei einer Dienstmasse von 129,5 t, einer Reibungsmasse von 64,3 t und einer Zugkraft von 139 kN (13,9 t) erreichten sie eine Dauergeschwindigkeit von 185 km/h; ihre Spitzengeschwindigkeit lag um die 200 km/h. Ihr Einsatz erfolgte zwischen Chicago und Minneapolis; die 675 km legten die 6-Wagen-Züge von 310 t Wagenzugmasse in 6,5 bis 7 Stunden zurück, allerdings wies diese Verbindung nur wenige Steigungen und Kurven auf.

Schließlich verstärkte man die Züge auf sieben oder gar acht Wagen, ohne die Fahrzeiten zu ändern. Trotz der hohen Geschwindigkeiten und der Verwendung eines Zwillingstriebwerkes hatten die „Hiawatha“-Maschinen vorzügliche Laufeigenschaften; der fünfsachsige Tender mit einer Dienstmasse von 112,3 t für 15,2 m³ Öl und 49,2 m³ Wasser ermöglichte beachtliche Fahrstrecken; insgesamt bildeten diese Lokomotiven einen glänzenden Abschied vom „Atlantic“-Typ. 1949 wurde die Nummer 3, 1951 die übrigen drei Maschinen ausgemustert und verschrottet.

Die Reihen GS2 bis GS4 der Southern Pacific

Als besonders leistungsfähig sollten sich die „Northern“-Stromlinienlokomotiven der Reihe GS2 der Southern Pacific erweisen, von denen Lima 1936/37 sechs Stück lieferte. Auch hier lagen Räder und Zylinder völlig frei; die Verkleidung beschränkte sich auf die Stirnseite, den Kessel und die Laufbleche. Die Zylinder wiesen einen Durchmesser von 686 mm bei 762 mm Hub auf, für die Boxpod-Kuppelräder wählte man einen Durchmesser von 1867 mm, der Achsstand erreichte 13,97 m. Den auf einem Stahlgußrahmen liegenden ölgefeuerten Kessel mit Verbrennungskammer führte Lima teilweise geschweißt aus; er lieferte Dampf mit einem Druck von 1,76 MPa (17,6 kp/cm²); seine Rostfläche betrug 8,4 m², seine Heizfläche 450 m², zuzüglich 193 m² für den Überhitzer. Von 203,5 t Dienstmasse standen 121 t für die Reibung zur Verfügung, ausreichend für eine Zugkraft von 270 kN (27 t) ohne und von 337,5 kN (33,75 t) mit Booster; der Tender nahm bei 169 t Dienstmasse 83 m³ Wasser und 23,7 m³ Heizöl auf.

Da sich die GS2 ausgezeichnet bewährten, folgten 1941/42 50 Stück der weiterentwickelten GS3 und GS4, von denen 1954 noch 49 in Dienst standen. Mit diesen Lokomotiven fuhr die Southern Pacific ihre Schnellzüge von San Francisco nach Los Angeles; die 865 km lange Strecke legten sie anfänglich in zwölf, später in knapp zehn Stunden zurück.

Die Reihe I5 der New York, New Haven & Hartford RR

Für die New York, New Haven & Hartford RR baute Baldwin 1937 zehn 2'C2'-Stromlinienlokomotiven der Reihe I5, die bis zu 15 Wagen befördern sollten. Bei ihnen beschränkte sich die Verkleidung auf den Kessel und die Frontpartie; Triebwerk und Zylinder blieben völlig offen. Ansonsten entsprachen die Maschinen mit ihrem Stahlgußrahmen, den Wälzlager und dem Leichtbautriebwerk mit Walschaert-Steuerung den neuesten Grundsätzen des USA-Lokomotivbaus.

Baldwin wählte für die Zylinder einen Durchmesser von 559 mm bei 762 mm Hub, der Kuppelraddurchmesser betrug 2032 mm.

Der Kessel mit einer Heizfläche von 354,4 m², zuzüglich 96,8 m² Überhitzerfläche, arbeitete mit dem hohen Druck von 2 MPa (20 kp/cm²); bei der Feuerbüchse, die eine Verbrennungskammer und drei Wassertaschen enthielt, handelte es sich um eine Schweißkonstruktion. Bei 165,5 t Dienst- und 88 t Reibungsmasse ließ sich eine Zugkraft von 200 kN (20 t) entwickeln; der sechsachsige Drehgestelltender nahm 68,3 m³ Wasser und 14,5 t Kohle auf.

Eine der Einsatzstrecken, die zwischen Boston und New York, schaffte die I5 mit 15 Wagen in 4 Stunden und 20 Minuten. Zwischen New Haven und Springfield, einer zweiten vielbefahrenen Linie, konnte nach Langsamfahrestrecken von 64 km/h auf 128 km/h beschleunigt und auf einer 0,7%igen Rampe mit 830 t Wagenzugmasse eine Geschwindigkeit von 96 km/h durchgehalten werden.

Die Reihe F-7 der Chicago, Milwaukee, St. Paul & Pacific

Erwähnenswert sind auch die Anfang 1938 für den „Hiawatha“-Expreß der Chicago, Milwaukee, St. Paul & Pacific von Alco beschafften 2'C2'-Stromlinienlokomotiven der Reihe F-7 mit den Betriebsnummern 100-105.

Sie hatten zwei Zylinder von 597 mm Durchmesser bei 762 mm Hub, Walschaert-Steuerung, einen Kuppelraddurchmesser von 2134 mm, 12.003 m Gesamtachsstand und einen Kessel für 2,11 MPa (21,1 kp/cm²) Dampfdruck mit einer Rostfläche von 8,97 m² und einer Heizfläche von 387,2 m², zuzüglich 157,5 m² für den Überhitzer. Die Dienstmasse betrug 188,2 t, die Reibungs-

masse 98,1 t und die Zugkraft 229 kN (22,9 t); der sechsachsige Drehgestelltender faßte 22,5 t Kohle und 75,7 m³ Wasser; er wog damit 169,9 t.

Die F-7 fanden außer für den „Hiawatha“-Expreß auch bei den 700 bis 1000 t schweren Schlafwagenzügen „Olympian“ und „Pioneer Ltd.“ Verwendung, die zwischen Minneapolis und Chicago, aber auch zwischen Minneapolis und Harlowton verkehrten. Regelmäßig fuhren sie dabei mit 193 km/h und beim Aufholen von Verspätungen mit 200 km/h. Damit zählten sie zu den schnellsten Dampflokomotiven der Welt.

Ähnliche Alco-Maschinen übernahm zur gleichen Zeit die Chicago & North Western als Reihe E-4 mit den Betriebsnummern 4001 bis 4009. Auf der Verbindung Chicago–Omaha sollen sie mit 15 Wagen gegebenenfalls sogar 205 km/h erreicht haben.

Die Reihe J der Norfolk & Western

Die bekannten 1941 bis 1943 in den Bahnwerkstätten in Roanoke gebauten elf 2'D2'-Stromlinienlokomotiven der Reihe J der Norfolk & Western sollten bei größtmöglicher Leistung geringe Unterhaltskosten aufweisen. Zwei Zylinder von 686 mm Durchmesser bei 813 mm Hub arbeiteten auf das zusammen mit Timken entwickelte und erstmals eingesetzte Rollenlagertriebwerk mit Tandemkuppelstangen; als erste Reihe der Norfolk & Western erhielten so neben den Lauf- und Kuppelachsen auch die Kuppelzapfen und Kreuzkopfbolzen Rollenlager. Die Leichtbauweise aller Stangen erlaubte trotz einer beachtlichen Höchstgeschwindigkeit den Einbau verhältnismäßig kleiner Kuppelräder von 1778 mm Durchmesser, was

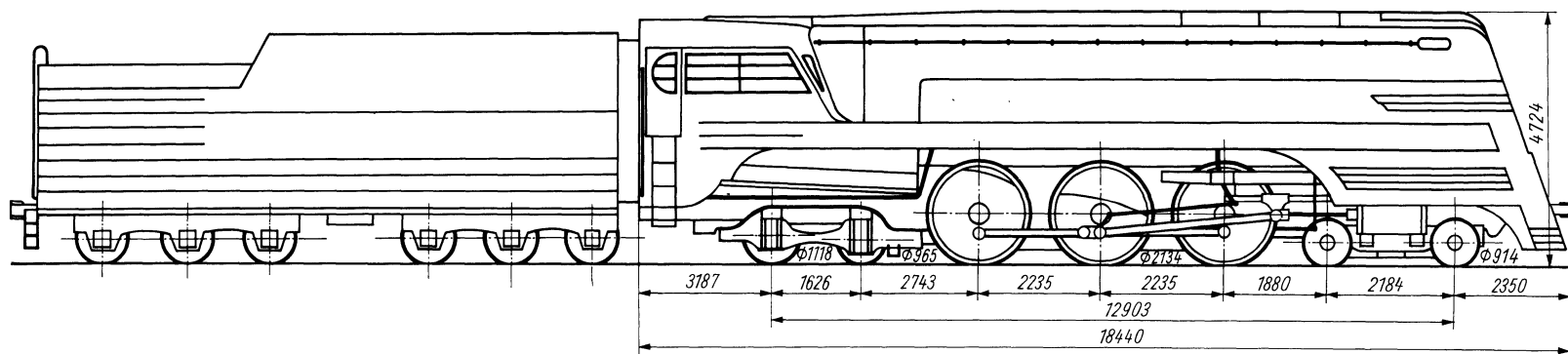
mit Rücksicht auf die vorhandenen Drehscheiben eine durchaus erwünschte Beschränkung der Loklänge zugunsten eines größeren Tenders erlaubte.

Der auf einem Stahlgußrahmen gelagerte Kessel mit einer 2,5 m langen Verbrennungskammer und geschweißter Feuerbüchse ermöglichte einen Dampfdruck von 2,11 MPa (21,1 kp/cm²), doch begrenzte man ihn zunächst auf 1,93 MPa (19,3 kp/cm²). Während einer Anzahl von Meßfahrten im Sommer 1945 erzielte die Bahn mit dem ursprünglichen Druck ohne erhöhte Schleuderneigung wesentlich bessere Leistungen, so daß schließlich alle Maschinen mit 2,11 MPa fuhren. Den Rost führte man 10 m² groß aus, die Heizfläche umfaßte 490 m², plus 202 m² für den Überhitzer.

Triebwerk und Zylinder blieben auch hier frei; die Verkleidung ergab mit dem Führerhausdach einen glatten Abschluß und verbarg Schornstein, Warnglocke, Pfeife, Sandkästen und Dome sowie alle Rohrleitungen.

Mit Tender erreichten die Einheiten 33,3 m Länge; ihre Dienstmasse lag bei 224 t ohne und bei 395 t mit Tender, die Reibungsmasse von 130,8 t ermöglichte eine Zugkraft von 363 kN (36,3 t) ohne und von 419 kN (41,9 t) mit Booster. Der sechsachsige Drehgestelltender enthielt 33,9 t Kohle und 77,6 m³ Wasser.

Die Norfolk & Western benutzte diese Maschinen ausschließlich im schweren Reisezugdienst; sie bewährten sich dabei ausgezeichnet und erreichten Laufleistungen von durchschnittlichen 24140 km im Monat. Mit einem 15-Wagen-Zug von 933 t Masse konnte bei Versuchsfahrten im Jahre 1945



eine Höchstgeschwindigkeit von 177 km/h gefahren werden; die Bahn legte als Grenze schließlich 145 km/h fest; inoffiziell sollen gelegentlich 200 km/h möglich gewesen sein.

Nach den ersten elf Exemplaren mit den Betriebsnummern 600 bis 610 folgten 1950 nochmals drei Stück mit den Nummern 611 bis 613. Als letzte Maschine der Reihe J wurde die 611 im Oktober 1959 ausgemustert.

3.2. Kondenslokomotiven

Die Anwendung der Abdampfkondensation bei Dampflokomotiven bezweckte, von wenigen Ausnahmen abgesehen, die Rückgewinnung des Kesselspeisewassers. Das bot die Vorteile eines geringen Wasserverbrauches, einer wirtschaftlichen Brennstoffverwertung und der Kesselschonung infolge Speisung mit fast reinem Kondensat. Alle Kondenslokomotiven verzichteten auf die theoretisch wohl mögliche, in der Praxis aber kaum brauchbare Kondensation auf Unterdruck, so daß für den rauen Betriebseinsatz durchaus brauchbare Lokomotiven entstanden.

Die Nachteile der Kondenslokomotive, wie hohe Anschaffungskosten und aufwendige Wartung, begrenzten die Beschaffung dieses Fahrzeugtyps auf wenige Bahnverwaltungen.

Die Reihe A der britischen Metropolitan Rw.

Eine der erwähnten Ausnahmen, bei der es nicht um Wasserersparnis, sondern darum ging, den Betrieb auf Untergrundbahnen mit Dampflokomotiven erträglich zu gestalten, führte erstmals zur Nutzung der Kondensation. Für die erste U-Bahnstrecke der Welt, den am 10. 1. 1863 in Betrieb genommenen Abschnitt zwischen Paddington und Farrington Street der Londoner Metropolitan Rw., erhielt Beyer-Peacock aus Manchester einen Auftrag über 18 Lokomotiven, von denen die letzte im August 1864 das Werk verließ.

Die Fahrzeuge der Reihe A waren eine Weiterentwicklung einer 1862 für eine spanische

Bahn entwickelten 2'B-Tenderbauart. Die Metropolitan Rw. bevorzugte ganz im Gegensatz zur üblichen britischen Praxis Außenzyylinder, die schräg an der Rauchkammer über den eng zusammengedrückten Drehgestellachsen lagen. Für die Tunnelfahrt ermöglichte ein Umschaltventil das Ableiten des Zylinderabdampfes über ein Rohr auf die Wasseroberfläche der seitlichen Wasserbehälter. Später kam ein kleines Rohr hinzu, von dem ein Ende in die Auspuffmündung des größeren, das andere Ende unter den Wasserspiegel tauchte und so das Wasser in Bewegung brachte, um die Kondensation zu verbessern.

Hier die wichtigsten technischen Daten: Zylinderdurchmesser 432 mm, Hub 610 mm, Kuppelraddurchmesser 1753 mm, Achsstand 6,325 m, Kesseldruck 0,9 MPa (9 kp/cm²), Dienstmasse 42 t, Reibungsmasse 31,8 t, Zugkraft 58,5 kN (5,85 t), Wasservorrat 4,55 m³.

Die District Rw., die ab 1884 gemeinsam mit der Metropolitan Rw. eine unterirdische Ringlinie betrieb, beschaffte ab 1871 zunächst 24 ähnliche Einheiten, deren Anzahl sich bis 1886 auf 54 erhöhte. Im gleichen Jahr kaufte die Metropolitan Rw. nochmals 22 Lokomotiven einer leicht verbesserten Reihe. Trotz der für oft anfahrnde Züge recht großen Kuppelräder bewährten sich die Maschinen gut; sie liefen bis zur Elektrifizierung in den Jahren 1903 bis 1905 auf der Stammstrecke und überdauerten teilweise bis 1935 auf Vorortlinien.

Die Kondenslokomotiven der Mersey Rw.

Neben London besaß auch Liverpool eine dampfbetriebene, allerdings nur 5,6 km lange U-Bahnstrecke. Am 1. 2. 1886 eröffnet, führte sie mit Hilfe zweier 3,7- bzw. 3,3%iger Rampen unter dem Mersey-Fluß hindurch. Die eingesetzten Dampflokomotiven waren speziell für den Rampendienst geschaffen, konnten aber auch die teilweise sehr engen Kurven nehmen.

Beyer-Peacock baute 1885 neun C2'-Tenderlokomotiven mit Innentriebwerk und Außenrahmen sowie einer den Londoner Maschinen entsprechenden Kondenseinrichtung. Sie besaßen weiter die größten bis dahin ausgeführten einfach wirkenden Zylinder Großbritanniens.

Die wichtigsten technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser 533 mm, Hub 660 mm, Kuppelraddurchmesser 1397 mm, Achsstand 8,026 m, Kesseldruck 1,05 MPa (10,5 kp/cm²), Rostfläche 1,95 m², Heizfläche 152 m², Dienstmasse 67,5 t, Wasservorrat 4,7 m³.

Von der zweiten Reihe, einer 1'C1' mit Außentriebwerk und Innenrahmen, baute Beyer-Peacock sechs und Kitson & Co. drei Stück. In den Abmessungen und der Leistungsfähigkeit wichen sie nur unwesentlich von den C2' ab. Alle Mersey-Rw.-Lokomotiven hatten Hand- und Dampfbremsen, eine Vakuumbremseinrichtung für den Zug, Sandstreueinrichtungen und Spurkranzschmierung. Mit der Elektrifizierung der Bahn schieden sie im Januar 1902 aus dem Dienst aus.

Die 30.83 der Wiener Stadtbahn

Wenig bekannt ist, daß auch auf der Wiener Stadtbahn, deren Strecken teilweise ebenfalls unterirdisch verliefen, eine derartige Kondenslokomotive fuhr. 1899 baute die Wiener Lokomotivfabrik eine 1'C1'-Maschine mit der Betriebsnummer 30.83, bei der vom Niederdruckzylinder des Zweizylinder-Verbundtriebwerkes ein Rohr in den linken Wasserkasten führte. Ein über das Führerhausdach gelegtes Entlüftungsrohr leitete die verbliebenen Dampfschwaden ab. Auch hier ermöglichte ein Umschaltventil einen normalen Betrieb. Die Vorrichtung fand aber keinen Anklang und fiel bald fort.

Die Kondenslokomotiven der Sudan Military Rw.

Das Problem der Speisewasserrückgewinnung spielte erstmals 1897 eine Rolle, als die Hunslet Engine Comp. vier 1'C1'-Schleppenderlokomotiven mit separatem Kondenswagen zwischen Lok und Tender an die Sudan Military Rw. lieferte. Je nach den klimatischen Verhältnissen und der Möglichkeit der Wasserversorgung konnte der Kondenswagen beigestellt oder auch entfernt werden. Wegen der Trennung von Lok und Tender mußte aber der Brennstoff in langen seitlichen Vorratsbehältern auf dem Triebfahrzeug mitgeführt werden. Der Kondenswagen mit einem Achsstand von 1,98 m und einer Dienstmasse von 17,4 t wies eine Kühl-

fläche von 357,4 m² auf; die angesaugte Kühlluft gelangte nach Durchströmen des Kondensators durch einen Luftkanal in den Aschkasten.

Die Kondenslokomotiven der argentinischen Staatsbahn

Der Firma Henschel gelang es Anfang der 30er Jahre, das Kondensverfahren so zu vervollkommen, daß sie in den folgenden Jahrzehnten auf diesem Gebiet eine nahezu ungebrochene Monopolstellung einnehmen konnte.

1931 lieferte Henschel den ersten Kondens-tender an die argentinische Staatsbahn. Als Lokomotive wählte man einen meterspurigen 1'D1'-Typ einer früheren Henschel-Lieferung, um den Nachweis zu erbringen, daß auch vorhandene Maschinen umrüstbar waren.

Der Abdampf der Lokomotivzylinder gelangte beim Henschel-System zunächst in einen Ölabscheider, durchströmte dann eine bewegliche Rohrleitung zum Tender, trieb dort die Lüfterturbine, schlug sich anschließend im Kondensator nieder und gelangte über einen Kondensatbehälter in den Kessel zurück. Drei waagerecht gelagerte, über Kegelräder von einer Längswelle bewegte Ventilatoren saugten die Außenluft durch die senkrecht an den Tenderseitenwänden angeordneten Kondensatorrohre. Durch sorgfältige Abstimmung von Ventilatoren, Kondensator und Hilfsturbinen gelang es, für den Ventilatorantrieb mit einem Abdampfdruck auszukommen, der nicht höher lag als der sich bei Regellokomotiven durch das Blasrohr einstellende Gegendruck. Somit blieb die Leistung der Dampfmaschine ungeschmälert. Da der Abdampf zur Zugerzeugung wegfiel, erhielt die Lokomotive in der Rauchkammer ein Saugzuggebläse. Geringe Dichtigkeitsverluste wurden aus einem Rohwasservorrat auf dem Tender ersetzt, dieses gelangte aber nicht unmittelbar in den Kessel, sondern durchlief einen kleinen Verdampfer, dessen Schwaden ebenfalls den Kondensator speisten, so daß der Wasserkreislauf völlig rein blieb.

Bei im Herbst 1931 durchgeführten Versuchen befuhr die Maschine die 759 km lange Distanz Santa Fe–Tucuman vor 1100-t- bis 1400-t-Zügen ohne Wassernahme, obwohl

die Lufttemperatur bei bis zu 54 °C in der Sonne lag. Im Mittel ergab sich ein Wasserverbrauch von 8 l/km; das entsprach einer Wasserersparnis von 95,4 %. Der Heizölverbrauch lag trotz der verschiedenen Hilfsantriebe nicht höher als früher, im allgemeinen sogar niedriger. Der Kondensator bewährte sich gut, sowohl im Dichthalten als auch in der Kühlleistung; der Kessel wies auch nach längerer Dienstzeit kaum Ablagerungen auf.

Da sich die erste argentinische Kondenslokomotive so gut bewährte, erhielt Henschel anlässlich einer 1937 erfolgten Bestellung über 30 2'D1'-Lokomotiven den Auftrag, sechs Stück mit Kondens-tender auszurüsten. Gegenüber dem Vorgänger wiesen die neuen Maschinen eine Anzahl Neuerungen auf. So arbeitete die Rauchkammer-Saugzugturbine jetzt mit Abdampf; auch die Wasserentölung verbesserte man durch Anordnung zweier Filter. Obwohl die niederzuschlagende Dampfmenge erheblich stieg, gelang es, den sechsachsigen Drehgestell-tender sogar noch etwas leichter auszuführen als den der Auspufflokomotive.

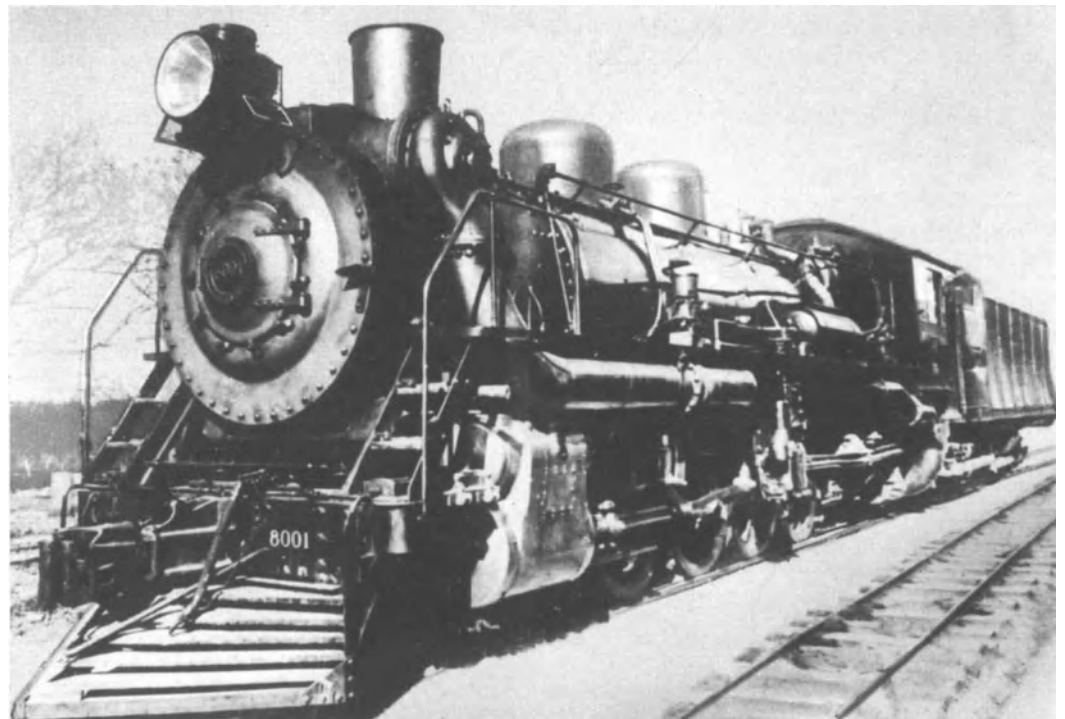
Sicher interessieren die technischen Daten: Zylinderdurchmesser 483 mm, Hub 609 mm, Kuppelraddurchmesser 1270 mm, Achsstand 9,88 m, Kesseldruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 4,1 m², Heizfläche 239,4 m², Überhitzerfläche 55,5 m², Gesamtachsstand mit Tender 20,94 m, Dienstmasse 83,9 t, Reibungsmasse 55,5 t, Zugkraft 143 kN (14,3 t), Höchstgeschwindigkeit 60 km/h, Tenderdienstmasse 65 t, Wasservorrat 11,4 m³, Kondensatvorrat 2 m³, Heizöl-vorrat 9,5 m³.

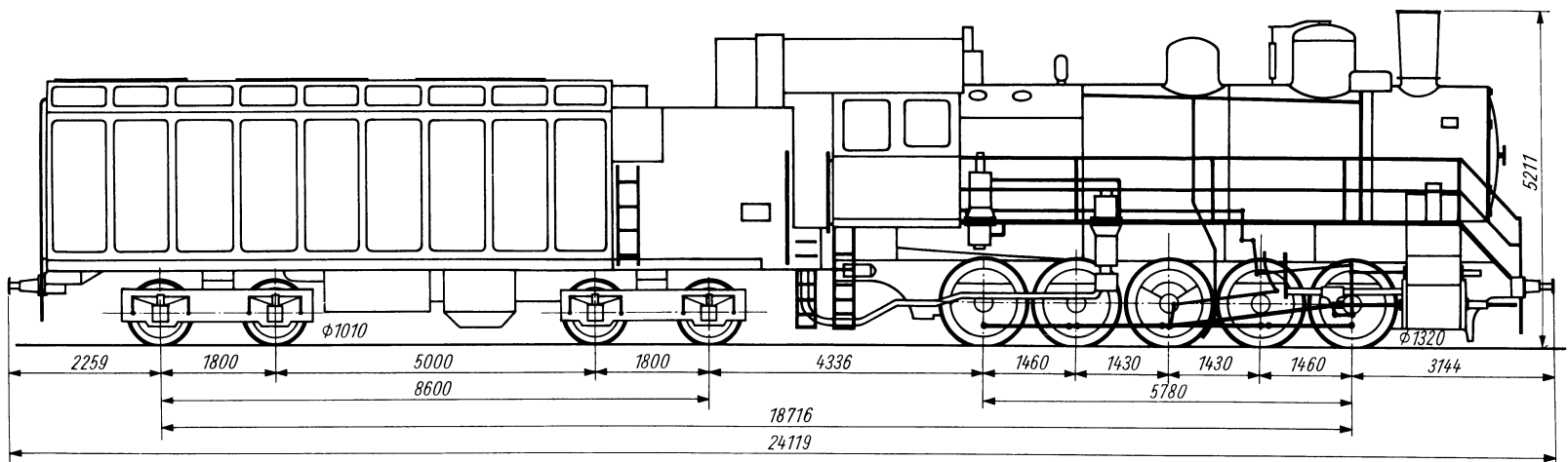
Wie erste Betriebsergebnisse der Ende 1938 zur Auslieferung gelangten Lokomotiven zeigten, erwiesen sich diese erwartungsgemäß als ebenfalls sehr sparsam; der Fahrbe-reich ohne Wassernahmen stieg auf 1000 km. Der Einsatz erfolgte im Gran-Chaco-Gebiet und auf anderen Strecken durchweg im schweren Güterzugdienst unter komplizierten Betriebsbedingungen.

Die ЭК der sowjetischen Staatsbahn

Zu den Eisenbahnen, die schon frühzeitig und in großem Umfang Kondenslokomotiven benutzten, zählen die Rußlands.

Schon 1891 baute das Kolomensker Werk





eine kleine B-Tenderlokomotive mit Kondenseinrichtung für die Beförderung leichter Vorortzüge auf den südwestlichen Eisenbahnen. Bei dieser Maschine kondensierte der Dampf in Röhren, die ein über die ganze Loklänge reichendes Gerüst oberhalb des Führerhausdaches aufnahm. Das Kondensat floß in die seitlichen Wasserbehälter und gelangte von dort durch Speisepumpen in den Kessel zurück.

1904 lieferte dasselbe Werk dann für die Odessaer Straßenbahn eine B-Tenderlokomotive mit ebenfalls auf dem Dach montierter Kondenseinrichtung.

Erst 1933 entschloß man sich zur Umrüstung einer Vollbahnlokomotive nach dem Henschel-Kondenssystem. Für die 1922 ebenfalls von Henschel gebaute E-Güterzuglokomotive Э 5224 lieferte Henschel einen vierachsigen Kondensender, die Betriebsnummer änderte sich nach dem Umbau in ЭПК 5224.

Die technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser 650 mm, Hub 700 mm, Kuppelraddurchmesser 1320 mm, Achsstand 5,78 m, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 4,46 m², Heizfläche 190 m², Überhitzerfläche 50,9 m², Dienstmasse 84,1 t, Zugkraft 202 kN (20,2 t), Höchstgeschwindigkeit 55 km/h, Kohlevorrat 10 t, Wasservorrat 10 m³, Tenderdienstmasse 71 t.

Bis 1937 unterzog man die ЭПК 5224 einer ausgedehnten Erprobung, die vor allem der Betriebstauglichkeit und Wirtschaftlichkeit des Kondensverfahrens galt; der Einsatz er-

folgte anschließend auf der Stalingrader Eisenbahn.

Die Reihe CO^K der sowjetischen Staatsbahn

1935 begannen im Kolomensker Werk die Konstruktionsarbeiten an einem Kondensender für die 1'E-h2-Lokomotiven der Reihe CO. Im Februar 1936 verließ die CO 17-85 das Charkower Werk als erste Kondenslok dieser Reihe, wobei Kolomensk den Tender beisteuerte. Ende März 1936 produzierte Kolomensk die Ausrüstung und den Tender für ein zweites Exemplar, die CO 17-84. Bei der CO handelte es sich um einen robusten, etwas gedrungen wirkenden Güterzugtyp für schwächeren Oberbau, der wegen seiner guten Bewährung bis in die 50er Jahre hinein im Beschaffungsprogramm verblieb.

Bekannt sind folgende technische Daten: Zylinderdurchmesser 650 mm, Hub 700 mm, Kuppelraddurchmesser 1320 mm, Achsstand 8,03 m, Kesseldruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 6 m², Heizfläche 227 m², Überhitzerfläche 97 m², Länge über Kuppelung 25,6 m, Dienstmasse 105 t, Reibungsmasse 94 t, Höchstgeschwindigkeit 75 km/h, Kohlevorrat 11 t.

Beide Maschinen gingen in den Probeinsatz vor Güterzügen auf der Strecke Moskau—Rjasan. Die bald folgenden Serienmuster kamen zur Charkower und Brjansker Bahn; für alle lieferte Kolomensk die Kon-

denseinrichtung; die Reihenbezeichnung lautete CO^K oder auch CO 19.

1939 begann auch in den Werken von Ulan-Ude und 1940 in Woroschilowgrad die Produktion der CO^K, sie lief auch während des zweiten Weltkrieges weiter. Der Einsatz erfolgte auf den Bahnen im Ural, in Sibirien, in Mittelasien und selbst im Fernen Osten. Die Sibirische Bahn entfernte in den Kriegsjahren teilweise die Kondenseinrichtungen, ein Großteil der CO^K verblieb aber bis zum Traktionswechsel im Ursprungszustand.

Die Reihe ЭМК^K der sowjetischen Staatsbahn

Mit dem Ziel, den Bestand an Kondenslokomotiven zu erhöhen, bezog man in den Jahren 1937 bis 1938 auch eine Anzahl Lokomotiven der Reihe Э^M, einer Weiterentwicklung der schon besprochenen Reihe Э, in ein Umbauprogramm ein, für das Kolomensk die mit der CO^K weitgehend identischen Tender herstellte, Haupteinsatzgebiete waren die von Stalingrad ausgehenden Linien.

Die Reihe ФД^K der sowjetischen Staatsbahn

Im Herbst 1939 verließen die ersten zwei von insgesamt zehn Kondenslokomotiven der Reihe ФД^K das Woroschilowgrader Werk. Diese robuste 1'E1'-h2-Güterzuglokomotive zählte mit ihren imposanten Abmessungen zu den markantesten Dampflokomotiven der UdSSR; sie bewährten sich so gut, daß ab

1931 insgesamt etwa 3000 Stück die Werkhallen verließen, freilich ohne Kondenseinrichtung.

Die technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser 670 mm, Hub 770 mm, Kuppelraddurchmesser 1500 mm, Achsstand 12,37 m, Kesseldruck 1,5 MPa (15 kp/cm²), Rostfläche 7 m², Heizfläche 295 m², Überhitzerfläche 148 m², Länge über Kupplung 29 m, Dienstmasse 145 t, Reibungsmasse 110 t, Höchstgeschwindigkeit 85 km/h.

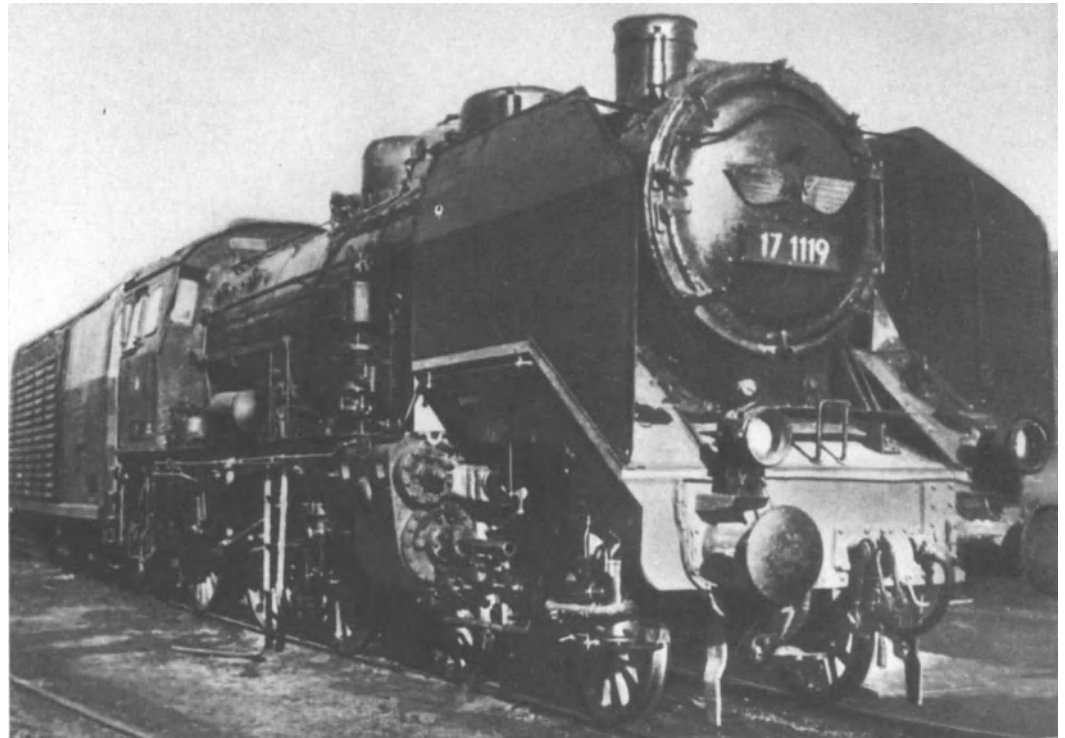
Außer über das Einsatzgebiet, die Moskau–Kasaner Bahn, liegen keine weiteren Angaben vor.

Die Reihe 52¹⁸⁻²⁰ der Deutschen Reichsbahn

Zur Unterstützung der Kriegführung des faschistischen Staates rüstete die Deutsche Reichsbahn von 1943 an für den Einsatz in den eroberten Trockengebieten der UdSSR und des Balkans einen Teil der Reihe 52 mit Kondensender aus. Nach den ursprünglichen Plänen sollten 240 Kondenslokomotiven entstehen; insgesamt verließen jedoch nur 178 Stück die Werkhallen, die 9 Maschinen der Nachkriegslieferung einbezogen.

Im Februar 1943 übergab Henschel die erste Kondenslok mit der Betriebsnummer 52 1850 an das Lokomotivversuchsammt Grunewald. Verglichen mit den kurz vorher untersuchten 50 001 und 52 180, lag der Dampfverbrauch über dem der 52 180; dafür blieb der Kohleverbrauch knapp unter dem der 50 001, aber wesentlich unter dem der 52 180. Von den notwendigen Änderungen war die Anbringung von Witte-Windleitblechen die dringendste; Versuche, die Rauchbelästigung durch das Abdecken des Kohlekastens zu beseitigen, hatten keinen Erfolg.

Die erste Serie mit den Betriebsnummern 52 1850 bis 52 1986 erhielt zunächst fünfschichtige Tender für 16 m³ Wasser und 9 t Kohle. Bei einem Gesamtachsstand von 23,185 m und einer Länge über Puffer von 27,525 m konnten diese Einheiten kaum noch Drehscheiben benutzen. Dies und die Tatsache, daß die Kondensleistung größer als erforderlich war, führte ab der 52 1987 bis zur 52 2027 zur Ausstattung mit vierachsigen, 13,5 m³ fassenden TENDERN. Damit beliefen sich die obigen Werte auf 21,755 m und 26,205 m.



Auf die Lokomotiven der Reihe 52 wird im nächsten Abschnitt noch näher eingegangen, so daß sich hier weitere Ausführungen und die Nennung technischer Daten erübrigen.

Im Einsatz bewährten sich die Kondensmaschinen gut, stellten aber erhöhte Anforderungen an das Personal. Nach dem Krieg gingen 116 Stück an die Deutsche Bundesbahn, 25 an die Deutsche Reichsbahn, acht verblieben in Polen, die drei belgischen Exemplare übernahm 1950 die Deutsche Bundesbahn, eine stand in Frankreich und eine ging in die USA. Von 24 Exemplaren fehlt jede Spur.

Die Deutsche Reichsbahn stationierte die von ihr übernommenen Lokomotiven im Raum Cottbus und rüstete sie bald auf Normalausführung um. Mit der Ausmusterung aller von der Deutschen Bundesbahn übernommenen Lokomotiven der Reihe 52 verschwanden auch deren Kondenslokomotiven; die Tender baute ab 1950 die Firma Orenstein & Koppel in Großraumgüterwagen für Schüttgut um. Die bei der SNCF ver-

bliebene 52 1993 war bis zum 7. 4. 1959 als Kondenslok im Einsatz.

Die 50 1694 der Deutschen Reichsbahn

Genannt werden muß hier noch die 50 1694, die während des zweiten Weltkrieges versuchsweise eine Einrichtung zur Unsichtbarmachung des Abdampfes erhielt. Dieser Einrichtung kam aus Tarnungsgründen große Bedeutung zu, da sich ein Zug, aus der Luft betrachtet, vor allem durch den Abdampf von der Umgebung abhob. Die Luft nimmt entsprechend ihrer Temperatur eine unterschiedliche Menge Abdampf auf und macht ihn unsichtbar; der Rest mußte durch ein von der Ausströmung abzweigendes Rohr einem Kondensator zugeführt werden. Dessen Größe richtete sich nach dem Verwendungsgebiet der Lokomotive bzw. nach der dort vorherrschenden mittleren Temperatur. Bei der 50 1694 konnte der Kondensator so klein ausfallen, daß er vor der Rauchkammer Platz fand. Dort schlug sich ein Teil des Abdampfes nieder; der Rest vermischte sich mit der im Kondensator erhitzten Luft.

Die Reihe 20 der South African Rw.

1950/51 erprobte die South African Rw. ihre erste Kondenslokomotive, um durch eigene Erfahrungen diese Sonderbauart kennenzulernen, die geeignet schien, auf ihren Strecken die aus Wassermangel und sehr ungünstiger Wasserbeschaffenheit resultierenden Probleme zu lösen. Dazu baute die Bahn eine 1'E1'-Kapspurlokomotive der Reihe 20 um, für die Henschel einen kompletten Kondensender und die zur Umrüstung der Lokomotive erforderlichen Ausrüstungsteile lieferte.

Der Vollständigkeit halber seien auch hier die technischen Daten aufgeführt: Zylinderdurchmesser 533 mm, Hub 610 mm, Kuppelraddurchmesser 1219 mm, Achsstand 9,963 m, Kesseldruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 3,44 m², Heizfläche 154,9 m², Überhitzerfläche 38,5 m², Länge über Kuppelung 27,375 m, Dienstmasse 78,5 t, Reibungsmasse 58 t, Zugkraft 148 kN (14,8 t), Höchstgeschwindigkeit 75 km/h, Wasservorrat 17 m³, Kohlevorrat 11 t, Tenderdienstmasse 78 t.

Testfahrten ergaben eine Wasserersparnis von 90 % und einen Brennstoffminderverbrauch von 10 % gegenüber Auspuffmaschinen, so daß die South African Rw. weitere Kondenslokomotiven in ihr Beschaffungsprogramm aufnahm.

Die Reihe 25 der South African Rw.

Für die 550 km lange Strecke Touws River–De Aar der Magistrale Kapstadt–Johannesburg bestellte die South African Rw. Ende 1951 90 2'D2'-Kondenslokomotiven der Reihe 25, deren Auslieferung 1953/54 erfolgte. Dabei lieferte Henschel die erste Lokomotive und 60 Kondensender, während North British 89 Einheiten und 30 Kondensender baute. Diese imponierenden Lokomotiven, sie gehörten zu den größten kapspurigen der Welt, hatten ein Zwillingstriebwerk mit einem Zylinderdurchmesser von 609 mm bei 711 mm Hub, Kuppelräder von 1524 mm Durchmesser und einen Achsstand von 11,582 m. Die Fahrwerksbasis bildete ein auch die Zylinder und die Pufferbohle einschließendes, 18 t schweres, aus den USA bezogenes Stahlgußstück. Auch die beiden Drehgestelle, ebenso wie die des Tenders,

bestanden aus Stahlguß; alle Achsen und Stangen waren wälzgelagert.

Der völlig geschweißte Kessel mit Verbrennungskammer, Schüttelrost und Stoker lieferte Dampf mit einem Druck von 1,58 MPa (15,8 kp/cm²), seine Rostfläche umfaßte 6,5 m², die Heizfläche betrug 314,9 m², die des Überhitzers 58,5 m². Bei einer Länge über Puffer von 32,913 m lag die Dienstmasse bei 122,9 t, die Reibungsmasse bei 76,2 t und die Zugkraft bei 193 kN (19,3 t). Der sechsachsige Drehgestell-Kondensender entsprach der bekannten Henschel-Bauart; er nahm fast die halbe Loklänge ein. Bei 111,2 t Dienstmasse faßte er 22,8 m³ Wasser und 19,3 t Kohle.

Die Reihe 19 der Rhodesia Rw.

Die günstigen Einsatzergebnisse der Kondenslokomotiven in Südafrika waren für die Rhodesia Rw. Anlaß, diesen Typ auch für ihr Kapspur-Bahnnetz in Betracht zu ziehen, da sie auf verschiedenen Strecken, insbesondere auf der Linie durch das damalige Betschuanaland zwischen Mafeking und Bulawayo, erhebliche Schwierigkeiten mit der Wasserversorgung hatte.

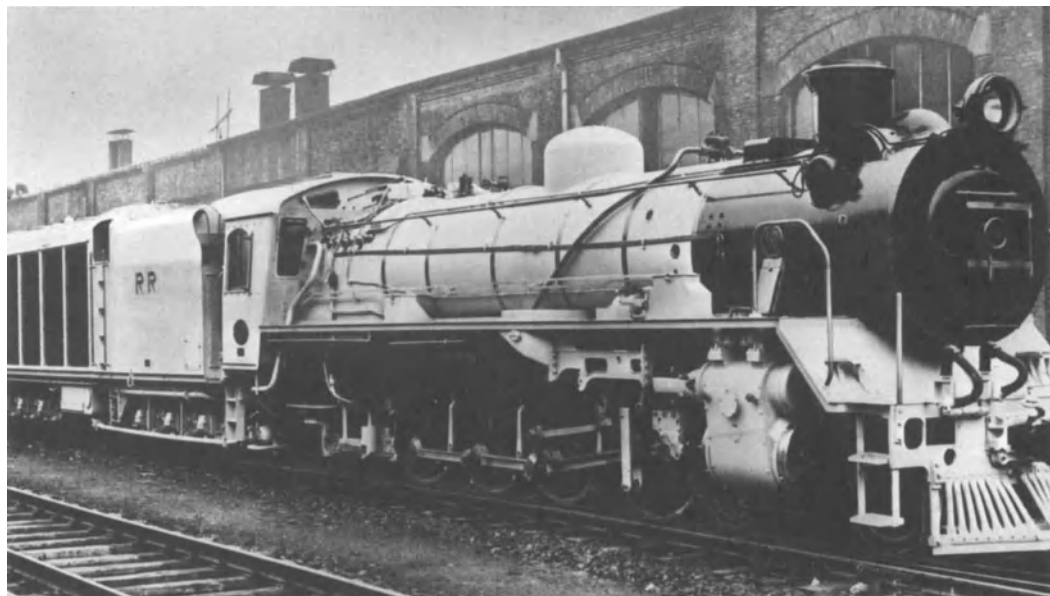
Zur Erprobung wählte die Bahn eine 2'D1'-Lokomotive der Reihe 19, da sie kurz zuvor 20 Einheiten bei Henschel bestellt hatte, so

daß die Kondensmaschine, die 1953 zur Auslieferung kam, die 21. dieser Serie wurde. Lok und Tender boten nichts Besonderes, die Abmessungen und Leistungsdaten entsprachen etwa denen der südafrikanischen Reihe 20, ihre Aufzählung kann somit entfallen. Zudem blieb diese Kondenslok, die später auch noch einen Regeltender erhielt, ein Einzelgänger.

3.3. Kriegslokomotiven

Die Bezeichnung „Kriegslokomotive“ gehört zu den dunklen Abschnitten der menschlichen Geschichte, wurden doch auch Lokomotiven dazu mißbraucht, Kriege vorzubereiten und zu führen. Die Bezeichnung selbst entstand erst während des zweiten Weltkrieges; zuerst verwendete man sie für die Reihe 52; heute werden in geschichtlichen Betrachtungen auch früher eingesetzte Typen so bezeichnet.

Zur Vorbereitung und Führung von Kriegen mußten für Aufmärsche, Truppenverschiebungen und Nachschub große Transportleistungen bewältigt werden, die zu einem Großteil die Eisenbahnen zu erbringen hat-



ten. Deren für den Friedensdienst ausgelegte Betriebsmittel reichten dafür aber oft nicht aus; so entstanden in den kriegführenden Ländern spezielle Triebfahrzeuge, die Kriegslokomotiven. Dabei handelte es sich in der Regel um Güterzugmaschinen, die auch auf leichtgebaute und schlecht unterhaltenem Oberbau fahren mußten; sie durften deshalb eine mittlere Achsfahrmasse nicht überschreiten und sollten gute Laufeigenschaften aufweisen.

Auf alle für den Einsatz in Friedenszeiten wohl erwünschten, aber im Kriege nicht unbedingt notwendigen Zusatzeinrichtungen verzichtete man; das beschleunigte die Fertigung gewissermaßen als Teil der Kriegsrüstung, erleichterte die Bedienung durch betriebsfremdes Personal und verminderte den Wartungsaufwand. Der Wirkungsgrad stand hinter der Zuverlässigkeit zurück. Grundlegende Vorteile für den Betrieb im Kriege versprach man sich von einer möglichst einheitlichen Bauart der Lokomotiven. Einerseits sollte das die Instandsetzung beschädigter Maschinen beschleunigen, andererseits war die Anzahl der Lokführer relativ groß, die mit der Bedienung dieser Typen vertraut war. Unter diesen Bedingungen zeigten sich schnell die robusten Zwillingslokomotiven den Mehrzylinder- und Verbundmaschinen überlegen.

Deutsche Kriegslokomotiven von 1870 bis 1918

Erstmals spielte die Eisenbahn in Europa im Deutsch-Französischen Krieg 1870/71 eine bedeutende Rolle. Für die 4000 km der von den deutschen Militär- und Eisenbahnbehörden im besetzten Frankreich betriebenen Strecken standen ursprünglich 280 deutsche und 50 erbeutete französische Lokomotiven zur Verfügung; 75 Lokomotiven kauften später die Betriebskommissionen auf; neben Gelegenheitswerbungen befanden sich darunter auch die bekannten Strousberg-Normalien der Achsfolge 1B, B1 und C. Besonders die letztere entsprach recht gut den Anforderungen der Militärs; sie konnte deshalb nach dem oben erläuterten heutigen Sprachgebrauch als erste Kriegslokomotive bezeichnet werden.

Im ersten Weltkrieg entsprachen auf deutscher Seite besonders die preußischen Lo-

komotiven den in sie gesetzten Erwartungen, schon aus der Tatsache heraus, daß sie in der Anzahl und damit in der Einheitlichkeit denen der anderen deutschen Staaten weit überlegen waren. Besonders die G7¹, eine D-Naßdampf-Zwillingsmaschine, und ihre Naßdampf-Verbundversion, die G7², sowie der 1'D-Typ G7³, ebenfalls eine Naßdampf-Verbundmaschine, sind hier zu nennen.

1916 entschloß sich Preußen zum Nachbau von 2000 G7¹, um für den Krieg weitere Lokomotiven zur Verfügung zu haben. Zwar verfügte Preußen damals schon über bessere und leistungsstärkere Typen, aber die 20 Jahre alte Konstruktion entsprach auf Grund der niedrigen Baukosten, der einfachen Wartung, der günstigen Größenverhältnisse und des niedrigen Wasser- und Ölverbrauches besonders den Ansprüchen. Die Nachbauten unterschieden sich nur unwesentlich vom Original.

1917 produzierten süddeutsche Werke auch noch 70 G7³; die von Maffei gelieferten hatten eine verstärkte und verbesserte Ausführung.

Mit wachsender Kriegsdauer wurde auch die preußische G8¹, eine D-Zweizylinder-Heißdampflokomotive, immer mehr zu einer Kriegslokomotive.

Als während des Krieges auf Grund des verheerenden Menschen- und Materialeinsatzes eine stärkere Reihe benötigt wurde, entwickelte Henschel den 1'E-Typ G12¹ mit 17 t Achsfahrmasse, Drillingstriebwerk, langer schmaler Stahlfeuerbüchse und Blechrahmen. Obwohl er in technischer Hinsicht bemerkenswert war, blieb die Beschaffung, die 1915 einsetzte, auf 33 Stück für Preußen und 20 Stück für Sachsen, dort als XIIIH bezeichnet, begrenzt. Das lag zum einen daran, daß die G12¹ nicht ganz den Anforderungen genügte, und zum anderen sollte eine deutsche Güterzuglokomotive einheitlich für alle Länderbahnen entwickelt werden, da sich die fehlende Vereinheitlichung für die Kriegführung äußerst nachteilig bemerkbar gemacht hatte. Auch bei möglichst konzentriertem Einsatz der Maschinen einer Bahnverwaltung war es schließlich doch unmöglich, den sprunghaft gestiegenen Ersatzteilbedarf zu decken. Für jede Bahnverwaltung und jede Reihe machte sich zudem eine gesonderte Ersatzteilkhaltung erforderlich. Da

Normung und Austauschbau unbekannt waren, paßten die dann endlich eintreffenden Ersatzteile oft nicht. Aus dieser Situation heraus ist es begreiflich, daß man sich Anfang 1916 mit der Beschaffung eines Einheitstyps einverstanden erklärte.

Henschel hatte inzwischen für die Türkei die G12¹ zu einer 1'E-Maschine mit kleinen Kupplerrädern, breitem Rost und Einachsantrieb weiterentwickelt. Preußen übernahm ein Exemplar, die spätere 58 1001, und aus der Verschmelzung beider Modelle ging die G12 hervor. Das Neue an ihr war der Barrenrahmen, mit dem sich süddeutsche Gepflogenheiten durchsetzten. Der Belpaire-Kessel wurde wieder verwendet, und die Kesselmitte rückte erstmals in Preußen auf 3 m über Schienenoberkante. Die Leistungen entsprachen den Erwartungen; auf 0,5 % Steigung vermochte die G12 1010 t mit 40 km/h zu befördern. Im August 1917 begannen die Lieferungen von insgesamt 1519 Exemplaren an Preußen, Baden, Sachsen, Württemberg und Elsaß-Lothringen.

Die Reihe 52 der Deutschen Reichsbahn

Der faschistischen militärischen Führung im zweiten Weltkrieg ging es darum, für das gegen Jahresende 1941 durch die okkupierten Gebiete auf ein Höchstmaß gestiegene Streckennetz der Deutschen Reichsbahn rasch große Stückzahlen widerstandsfähiger, winterfester Lokomotiven zu erhalten, für die Lebensdauer und Sicherheit eine untergeordnete, dagegen einfache Ausführung und hohe Stückzahlen die dominierende Rolle spielten. Das Hauptaugenmerk wandte man dabei den Fünfkupplern der Reihen 44 und 50 zu, die neben der 86 als einzige Dampflokomotiven im Beschaffungsprogramm blieben. Durch vereinfachte Herstellung, Entfall nicht unbedingt betriebswichtiger Teile, Verzicht auf mechanische Bearbeitung, wo immer es anging, und den Einsatz von Ausweichmaterialien gelang es, die Produktion wesentlich zu steigern. Die Ausstattung mit Frostschatzeinrichtungen machte die Maschinen auch für den Winterdienst tauglich. Die so gefertigten Maschinen bezeichnete man mit ÜK (Übergangs-Kriegslokomotiven).

Mit dem Entstehen der im folgenden zu besprechenden reinen Kriegslokomotiven be-

schleunigte man die Fertigstellung der noch im Bau befindlichen Exemplare oder brach ihn ganz ab; die Aufträge für die Reihe 44 verlagerte die Deutsche Reichsbahn in das besetzte Frankreich und Dänemark.

Im Dezember 1941 forderte die Deutsche Reichsbahn dann von der Lokomotivindustrie Vorschläge für eine Kriegslokomotive mit 15 t Achsfahrmasse, die 1200 t in der Ebene mit mindestens 65 km/h fahren mußte und deren Fertigungs- und Materialaufwand auf das Notwendigste beschränkt bleiben sollte. Nachdem ein E-Typ der Wiener Lokomotivfabrik längere Zeit ernsthaft in Betracht kam und im März 1942 tatsächlich auch drei Exemplare bestellt wurden, entschied sich die Deutsche Reichsbahn schon einen Monat später für eine aus der Reihe 50 abgeleitete 1'E-Lokomotive, die als Reihe 52 bekannt wurde.

Konstruktiv brach sie mit vielen altherge-

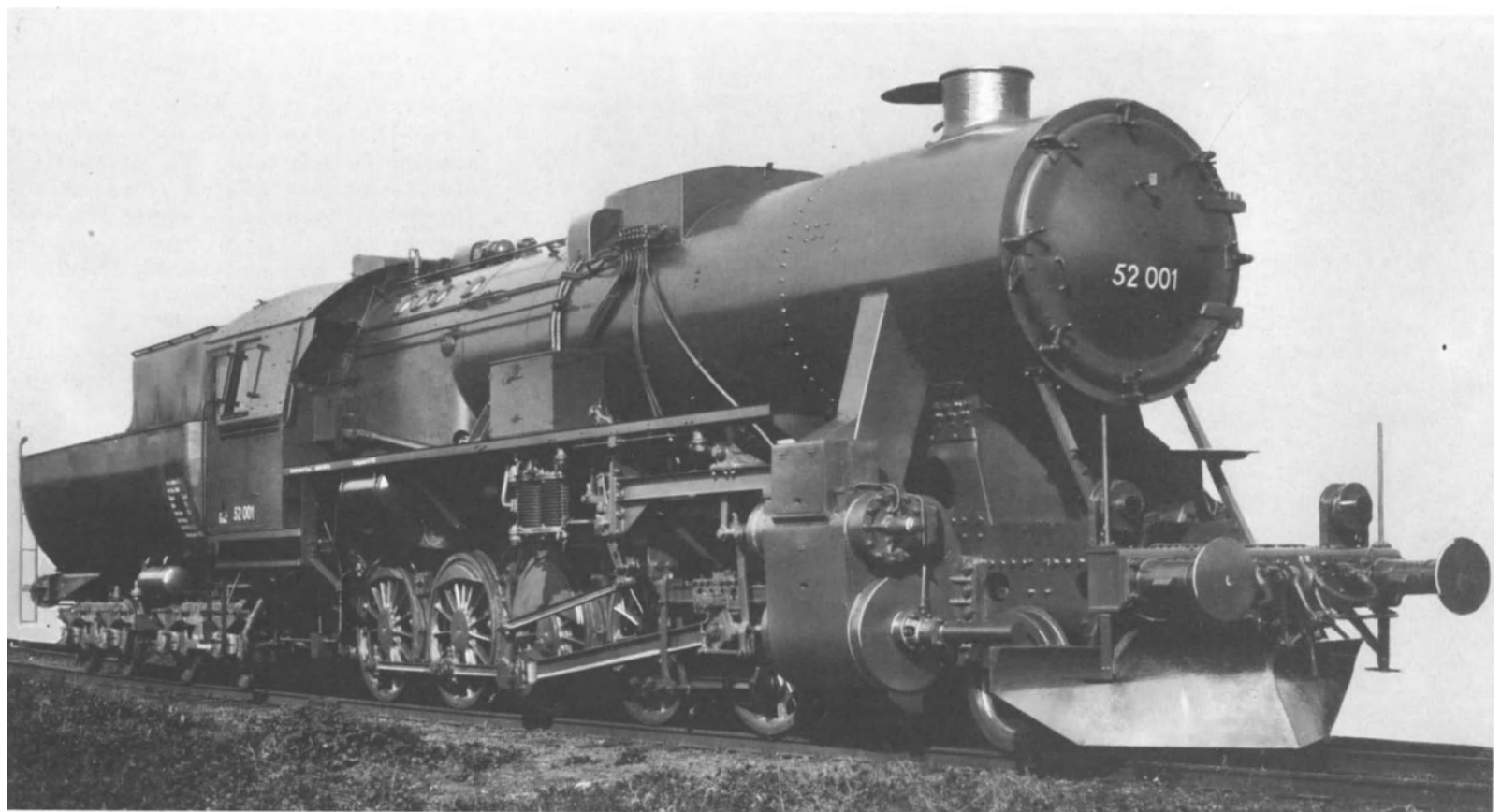
brachten Fertigungsmethoden und beseitigte andererseits manche Einrichtungen, die bisher der Wirtschaftlichkeit oder der Bequemlichkeit dienten. Erwähnenswert ist die Wiederentdeckung des Blechrahmens, jetzt teilweise geschweißt, die Stumpfschweißung der Treib- und Kuppelstangen, der Ersatz des Speisewasservorwärmers durch eine Dampfstrahlpumpe, der Druckausgleich der Zylinder durch automatische Plattenventile der Bauart Winterthur, die Anwendung nicht nachstellbarer Achslagerführungen und die Nutzung des allseits geschlossenen doppelwandigen Norweger-Führerhauses.

1108 Lokomotiven erhielten einen erweiterten Frostschutz; dazu gehörten eine Schornsteinklappe, die Isolierung von Kessel und Tenderwasserkasten mit Glaswolle, die Möglichkeit der Tenderwasseranwärmung durch Frischdampf, die Isolierung der Luft-

pumpe und besonders aller freiliegenden Leitungen.

Außer auf das Triebfahrzeug selbst bezogen sich die Einsparungsmaßnahmen auch auf den Tender. Westwaggon-Köln lieferte zur 52 001 einen Wannentender als K4T34, der nach Beseitigung einiger lauftechnischer Mängel als K4T32 eingeführt wurde. Als zweite Bauart stellte man den K4T30 in Dienst, einen Entwurf der Wiener Lokomotivfabrik in vierachsiger Steifrahmenbauart. Beide Tenderreihen erhielten zu einem Großteil Frostschutzeinrichtungen.

Insgesamt gesehen gelang es bei der Reihe 52, beachtliche Einsparungen an Material und Arbeitszeit zu erreichen, was der Eskalation des faschistischen Krieges sehr entgegenkam. Bestanden die 50er aus 6000 Einzelteilen, so gab es bei der 52er nur noch 5000, davon 3000 stark vereinfachte. Die Materialeinsatzmasse sank von 165 t auf 130 t, der



Arbeitszeitaufwand je Maschine um 6000 Stunden. Auch die Einsparungen an Buntmetallen waren sehr beachtlich.

Die technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser 600 mm, Hub 660 mm, Kuppelraddurchmesser 1400 mm, Achsstand 19 m, Kesseldruck 1,6 MPa (16 kp/cm²), Rostfläche 3,9 m², Heizfläche 177,6 m², Überhitzerfläche 68,9 m², Länge über Puffer 22,975 m mit Wannentender und 22,83 m mit Steifrahmentender, Dienstmasse 84 t, Reibungsmasse 75,7 t, Zugkraft 202 kN (20,2 t), Höchstgeschwindigkeit 80 km/h, Wasservorrat 30 m³, Kohlevorrat 10 t.

Borsig stellte den Prototyp am 12. 9. 1942 erstmals vor, anschließend ging er zusammen mit der 50 377 auf eine Propagandafahrt. Bald lief in allen deutschen Werken die Fertigung an. Vielfach erfolgte auch die Lieferung von 50ern nach einer kleinen Frist als Reihe 52; diese hatten aber noch Barrenrahmen.

Neben den Serienmaschinen entstanden

zahlreiche mehr oder weniger erfolgreiche Sonderausführungen. Erinnert sei hier nur an die schon besprochenen Kondenslokomotiven sowie an die Exemplare mit Krauß-Wellrohrkessel und mit Ventilsteuerung.

Ausgesprochen schlecht bewährten sich die stellkeillosen Achslagerführungen, die Druckausgleichvorrichtungen und das Fehlen der Windleitbleche; letztere gehörten dann ab Juli 1943 wieder zum Lieferumfang. Insgesamt erhielt die Deutsche Reichsbahn 6151 52er; 93 Stück gingen in die Türkei, nach Bulgarien, Rumänien und in den faschistischen Satellitenstaat Kroatien. Bei Kriegsende befanden sich bei Henschel und Jung noch etliche Maschinen im Bau, die bis zum November 1946 zur Deutschen Bundesbahn gelangten. 1948 bis 1952 baute Henschel aus fertigen und halbfertigen Teilen nochmals 40 Lokomotiven. Die Deutsche Bundesbahn musterte ihre etwa 3000 Einheiten bis 1963 aus. In der DDR unterzog die Deutsche Reichsbahn 1958 ihre 1500 Lokomotiven der

Reihe 52 einer Generalreparatur mit Einbau von Vorwärmern und Achslagerstellkeilen; der Kessel erhielt eine geschweißte Feuerbüchse. Ab 1960 erhielten 200 Lokomotiven der Reihe 52 im RAW Stendal Neubauersatzkessel der Reihe 50³⁵ in vollständig geschweißter Ausführung mit Verbrennungskammer; diese Exemplare liefen dann als Reihe 52⁸⁰.

Die Reihe 42 der Deutschen Reichsbahn

Die Vorarbeiten für die zweite deutsche Kriegslokomotive gingen bis in das Jahr 1940 zurück; ihre Entstehungsgeschichte ist also älter als die der Reihe 52. Damals verlangte die Kriegführung nach Maschinen mit 18 t Achsfahrmasse für die Strecken im okkupierten Österreich, in Polen und später für die entsprechend ausgelegten Verbindungen in Teilen der UdSSR. Auf diesen Linien blieb der Einsatz der 15-t-Reihe unwirtschaftlich, und ein versuchsweiser Einsatz der Reihe 44 brachte schwere Oberbauschäden. Im Frühjahr 1942 beauftragte die Deutsche Reichsbahn alle Lokomotivfabriken mit entsprechenden Entwürfen, die auch in zahlreichen Varianten eingingen. Am 5. 8. 1942 legte der Hauptausschuß Konstruktion den Bau von 8000 Einheiten fest, reduzierte einen Monat später auf 5000 Einheiten und empfahl die Verwendung eines Brotan-Kessels. Am 16. 4. 1943 legte man sich dann auf 4300 Stück in verschiedenen Varianten fest.

Das Leistungsprogramm der Reihe 42 sah die Beförderung von 1600 t in der Ebene mit 60 km/h, von 1195 t auf 0,5 % Steigung mit 40 km/h und von 1200 t auf 1 % Steigung mit 60 km/h vor; Versuchsfahrten ergaben später etwas bessere Werte. Im technischen Aufbau berücksichtigte man alle bei der Reihe 52 gemachten Erfahrungen; beide Reihen glichen einander daher sehr.

Die technischen Daten der Reihe 42 lauteten: Zylinderdurchmesser 630 mm, Hub 660 mm, Kuppelraddurchmesser 1400 mm, Achsstand 9,2 m, Kesseldruck 1,6 MPa (16 kp/cm²), Rostfläche 4,7 m², Heizfläche 199,6 m², Überhitzerfläche 75,8 m², Länge über Puffer 23 m, Dienstmasse 96,6 t, Reibungsmasse 85,8 t, Zugkraft 225 kN (22,5 t), Höchstgeschwindigkeit 80 km/h, Wasservorrat 30 m³, Kohlevorrat 10 t.





Ende Juli 1943 lieferte Henschel zusammen mit der Wiener Lokomotivfabrik die 42 0001 mit Brotan-Kessel aus, und im Januar 1944 war bei Schwartzkopff die erste Stehbolzenkessellok, die 42 501, fertig. Während die beiden Brotan-Lokomotiven Versuchsmuster blieben, nahmen die Wiener Lokomotivfabrik, Schwartzkopff, Esslingen und Schichau die Fertigung der normalen 42er auf.

In den Jahren 1944/45 entstanden insgesamt 844 Maschinen mit Stehbolzenkessel. Nach Kriegsende bauten westdeutsche Firmen noch 14 Exemplare für die Deutsche Bundesbahn und eine für die Saarbahn; das RAW Stendal stellte 1948/49 noch drei 42er aus vorhandenen Teilen zusammen. Die Deutsche Bundesbahn musterte ihre 701 Lokomotiven am 28. 10. 1954 aus; die Deutsche Reichsbahn, die 49 Exemplare zu ihrem Bestand zählte, verwendete sie bis 1969. In Polen baute nach Kriegsende Chrzanow noch eine größere Anzahl, und die Wiener Lokomotivfabrik stellte 72 Stück für Österreich, Luxemburg und andere Länder her.

Projekte für eine dritte deutsche Kriegslokomotive

Im Oktober 1943, also fast gleichzeitig mit dem Bau der ersten 42er, erging an die Lokomotivfabriken die Aufforderung, Entwürfe für eine dritte Kriegslokomotive aufzustellen, die 1700 t auf einer 0,8%igen Steigung im 360-m-Bogen mit 20 km/h fahren sollte. Unter den eingereichten Entwürfen, von denen keiner mehr zur Ausführung kam, fanden sich bemerkenswerte, im deutschen Lokomotivbau bisher unbekannte Elemente, wie Stoker, Booster, Verbrennungskammer, Feuerschirmtragrohre, Doppelschornsteine und automatische Achsdruckumsteller. Die Firmen schlugen Fünf-, Sechs- und Siebenkuppler vor, selbst ein Typ mit Gruppenantrieben, eine Mallet und eine Modified-Fairlie waren zu finden.

Amerikanische Kriegslokomotiven

Die USA unternahmen nach ihrem Eintritt in den ersten Weltkrieg den Versuch, eine größere Anzahl von Lokomotiven zu vereinheitlichen. Einem 1918 gebildeten Ausschuß gehörten Vertreter der Bahngesellschaften und

der drei großen Lokomotivfabriken Baldwin, Lima und Alco an. So entstanden schließlich zwölf Typen mit acht Achsanordnungen. Bis 1920 fertigte man 1830 Stück dieser sog. USRA-Maschinen, die auf den während der Kriegsjahre unter staatlicher Kontrolle stehenden Bahnen der USA liefen. Nach Europa brachten die US-Truppen eigene 1'D-h2-Lokomotiven mit, die in bezug auf die Achsfahrmasse, die Fahrzeugumgrenzung und die Zug- und Stoßvorrichtung europäischen Verhältnissen entsprachen, sonst aber typische Amerikaner blieben. Nach Kriegsende gingen sie an französische Bahnen, einige kaufte Polen auf.

Im zweiten Weltkrieg schufen die USA für den Einsatz in Europa und Asien anspruchslose und robuste C-, 1'D- und 1'D1'-Maschinen; die Bahnen in den USA, die diesmal ihre Eigenständigkeit wahrten, setzten ihre eigenen Muster ein.

Britische Kriegslokomotiven in Anlehnung an die Regelbauart

Die britischen Truppen kamen im ersten Weltkrieg auf ihren verhältnismäßig kurzen kontinentalen Netzen mit älteren Lokomotiven aus dem Bestand der heimischen Verwaltungen gut aus; nur eine Anzahl 1'D-, 2'C-, 1'C1'- und C-Lokomotiven, davon die letzteren als Tenderbauart, wurden in den USA beschafft.

Im zweiten Weltkrieg verwendete das britische Kriegsministerium drei Lokomotivtypen, die sog. Austerity-Maschinen, von denen die 1'D und die 1'E eine Ausbildung als Schlepptenderbauart und die C als Satteltanklokomotive erhielten. Die 1'D lehnte sich an ein Muster der London, Midland & Southern R.w. an und erreichte eine Anzahl von 935 Stück. Die 1'E glich dem kleineren Schwestertyp, hatte aber mit 13,7 t eine sehr niedrige Achsfahrmasse für den Einsatz auf schwachem Oberbau. Von ihr entstanden nur 150 Einheiten. Außer in Großbritannien und in Europa liefen die Austerity-Kriegslokomotiven auch in Nordafrika und im Mittleren Osten; daneben lieferten aber auch Werke aus den USA 1'D-Lokomotiven für die heimischen Bahnen und für die Front.

Die Reihe Q1 der Southern R.w.

Abweichend von den sonstigen Kriegsloko-

motiven, entwickelte der Chefingenieur der britischen Southern Rw., *Oliver V. Bulleid*, einen Dreikuppler nach eigenem Entwurf als Reihe Q1. Es galt bei ihrer Entwicklung, eine Lokomotive mit etwa 50 t Dienstmasse zu schaffen, die auch auf Nebenstrecken verkehren konnte, aber trotzdem eine hohe Zugkraft entwickeln sollte. Aus Gründen der Masseersparnis entfielen Umlaufbleche, Haltestangen, Windleitbleche usw.; zugleich ließen sich dadurch der Materialaufwand und die Herstellungskosten minimieren. Als Kraftquelle wählte Bulleid gemäß der britischen Tradition ein schräg vor der ersten Kuppelachse angeordnetes Innentriebwerk mit auf die zweite Kuppelachse arbeitenden Zylindern von 483 mm Durchmesser bei 660 mm Hub; die Kuppelräder von 1549 mm Durchmesser ergaben einen Achsstand von 5,029 m. Bemerkenswert war auch der Lord-Nelson-Kessel, der bei 21,6 t Masse mit einem Dampfdruck von 1,62 MPa (16,2 kp/cm²) arbeitete; er verfügte über einen 2,5 m² großen Rost und 152,5 m² Heizfläche, zuzüglich 19,5 m² für den Überhitzer. Bei einer Länge über Puffer von 16,726 m überschritt die Dienstmasse mit 52,1 t leicht das gesetzte Limit; als Zugkraft standen 120 kN (12 t) zur Verfügung. Gekuppelt waren die Q1 mit einem dreiachsigen, völlig geschweißten Tender, der bei 38,8 t Dienstmasse Raum für 16,8 m³ Wasser und 5,1 t Kohle bot. Genannt sei noch die Höchstgeschwindigkeit von 89 km/h.

Insgesamt ließ Bulleid 40 Maschinen dieser robusten Bauart herstellen.

Garratt-Kriegslokomotiven

Neben den Zweizylinder-Steifrahmen-Lokomotiven fanden auch Garratts für den Kriegseinsatz Verwendung. Das britische Kriegsministerium ließ fünf Reihen, zwei schwere und drei leichte, bei Beyer-Peacock für den Einsatz im Fernen Osten und in Afrika entwickeln. Der schwere (1'D1')(1'D1')-Typ für Afrika, in Kapsur ausgeführt, basierte auf der GE der South African Rw., obwohl manche Details eher an die Reihe 16 der Rhodesian Rw. erinnerten. Da das Material für die sonst üblichen Barrenrahmen nicht zur Verfügung stand, wählte man einen Blechrahmen; der Kessel hatte Überhitzer, aber keinen Stoker. 17 Stück ent-

standen 1943; davon gingen sechs an die Gold Coast Rw., drei übernahm die Congo-Ocean-Bahn, die übrigen neun ordnete Rhodesien als Reihe 18 ein.

Für die Kenia-Uganda-Bahn, wie bekannt meterspurig und für höhere Achsfahrmassen geeignet, entstand ein überarbeiteter (2'D1')(1'D2')-Entwurf, und sieben derartige Maschinen gelangten 1943 zum Einsatz.

Die leichten Garratts, gedacht für den Fernen Osten, gab es als (1'D)(D1')-, (1'D1')(1'D1')- und (2'D1')(1'D2')-Entwurf. Die ersten zehn (1'D)(D1')-Maschinen, ausgeliefert 1943, ähnelten stark der burmesischen GAIII; weitere 14 gelangten 1944 als (1'D1')(1'D1') ebenfalls nach Burma. Die meterspurige (2'D1')(1'D2') basierte auf einem wegen des Krieges nicht zum Bau gelangten Entwurf für Brasilien; 20 Einheiten setzte man ab 1944/45 in Indien ein.

Die Australian-Standard-Garratt

Auch in Australien sollten Garratt-Lokomotiven auf den 1067-mm-spurigen Netzteilen helfen, das emporgeschnellte Transportvolumen zu bewältigen. Da Beyer-Peacock einerseits nicht lieferfähig war und andererseits die Midland-Junction-Bahnwerkstätten der Western Australian Government Rw. schon Garratts gebaut hatten, fiel die Entscheidung, die benötigten Maschinen selbst herzustellen. Da keiner der existierenden Beyer-Peacock-Entwürfe brauchbar schien, entstand unter der Leitung des Chefingenieurs *F. Mills* ein völlig neuer (2'D1')(1'D2')-Typ.

Als interessanteste der Garratt-Kriegslokomotiven seien hier ihre technischen Daten genannt: Zylinderdurchmesser 362 mm, Hub 610 mm, Kuppelraddurchmesser 1219 mm, Achsstand 23,47 m, Kesseldruck 1,38 MPa (13,8 kp/cm²), Rostfläche 3,25 m², Heizfläche 157,7 m², Überhitzerfläche 29,3 m², Länge über Kupplung 26,162 m, Dienstmasse 117,75 t, Reibungsmasse 81,3 t, Zugkraft 153,6 kN (15,36 t), Wasservorrat 19 m³, Kohlevorrat 6 t.

In nur drei Monaten vollendet, steckte der Entwurf voller Fehler, hervorgerufen auch durch die ungewöhnlich hohe Anzahl von Zulieferteilen. Während des Krieges fand man sich notgedrungen mit den Australian-Standard-Garratt genannten Maschinen ab; nach Kriegsende mußten 35 größere Ände-

rungen stattfinden, bevor die Lokmannschaften sich bereit fanden, sie wieder zu besteigen. All dies führte zu einer nur kurzen Lebensdauer der 65 Exemplare; die Western Australian Government Rw. behielt sie zehn Jahre, die Queensland Rw. aber bestellte so schnell wie möglich Ersatz bei Beyer-Peacock, ebenso die South Australian Rw.

Panzerzuglokomotiven

Neben Lokomotiven für Transportaufgaben wurden in vielen Kriegen auch gepanzerte Lokomotiven für Panzerzüge eingesetzt. Panzerzüge bestanden aus einer Lokomotive und einer Reihe Spezialwagen; beide wiesen eine Panzerung auf. Um die Masse nicht zu groß werden zu lassen, blieben die Bleche verhältnismäßig dünn und boten so nur Schutz vor Splintern und Handfeuerwaffen. In der Regel stand die Lokomotive in Zugmitte, damit der Panzerzug nach beiden Seiten die gleiche Beweglichkeit aufwies. Da der Lokführer das Gleis nicht so gut wie bei einem Regelzug überschauen konnte und den Zug nach den Angaben der in den Wagen befindlichen Beobachter leiten mußte, lag die Geschwindigkeit bei höchstens 40 km/h. Auf die Geschichte der Panzerzüge kann hier im einzelnen nicht eingegangen werden, es sei aber erwähnt, daß der erste 1846 in die militärischen Auseinandersetzungen eingriff, die damals zwischen Österreich und Italien stattfanden. Eine gewisse Rolle spielten sie auch im Burenkrieg und in den beiden Weltkriegen.

3.4. Zahnradlokomotiven

Bei Reibungslokomotiven steigt die ausübende Zugkraft mit der Reibungskraft an, wobei die dabei ebenfalls zunehmende Dienstmasse einen Teil der Zugkraft wieder aufzehrt. Zahnradlokomotiven nutzten zur Kraftübertragung nicht den Reibschluß, sondern verwendeten Zahnrad und Zahnstange als formschlüssige Bauelemente. Dabei bestand eine Abhängigkeit der Zugkraft von der Dienstmasse nur insoweit, als eine bestimmte Eigenmasse vorhanden sein mußte, um ein Aufsteigen des Zahnrades in der

Zahnstange zu verhindern. Zahnradlokomotiven liefen stets am talseitigen Zugende, da sonst die Zugeinrichtungen allzu leicht überlastet worden wären. Sehr häufig hatten Zahnradlokomotiven eine durch die mittlere Streckenneigung vorgegebene Schräglage des Kessels, die bei der Berg- bzw. Talfahrt eine nahezu horizontale Kessellage ergab; gelegentlich gab es auch Maschinen mit stehendem Kessel, die in dieser Hinsicht unempfindlicher waren.

Zahnradlokomotiven litten darunter, daß die erreichte Geschwindigkeit nur gering blieb, auch die Einfahrt in die Zahnstangenabschnitte erforderte größte Sorgfalt. Zudem handelte es sich meist um recht komplizierte Konstruktionen, die entsprechend viel kosteten und deren Wartung viel Aufmerksamkeit erforderte. Eine Schwäche des Zahnradbetriebes lag auch in der begrenzten Belastbarkeit der Zahnräder; Zahnbrüche hätten leicht zu fatalen Folgen führen können, hätten nicht entsprechende Sicherheitsvorrichtungen zur Verfügung gestanden.

Zahnstangensysteme

Da Lokomotiven und Gleis bei den Zahnradbahnen in besonders engem Zusammenhang stehen, sei hier auch ein Blick auf die Vielfalt der Zahnstangensysteme gestattet.

Da wäre zunächst die Gruppe der Leiterzahnstangen. Besonders häufig kam die Riggerbachsche Zahnstange zur Anwendung. Sie bestand aus zwei hochkant stehenden U-Profilen, zwischen die gewalzte Zähne mit trapezförmigem Querschnitt eingenietet waren. Verschiedentlich erlebte dieses System Abwandlungen und Verbesserungen; dazu sind die Zahnstangen nach Pauli, Bisinger und Klose zu zählen. Die Riggerbach-Zahnstange war zwar schwer, erwies sich aber als durchweg belastungsfähig und zeichnete sich durch eine lange Lebensdauer aus. Nachteilig war allenfalls die Tatsache, daß sich ein nachträgliches Biegen auf kleine Radien als unmöglich erwies. Auch die von *Sylvester Marsh* für die Mount Washington R. w. entwickelte Zahnstange zählt zu der hier betrachteten Gruppe. Marsh wählte zwei Winkelprofile mit eingenieteten Rundstählen; diese Zahnstange fand aber keine große Verbreitung.

Unter den Lamellenzahnstangen, der nächsten Zahnstangengruppe, nahm die von *Roman Abt* entwickelte Abtsche Zahnstange die dominierende Stellung ein. Abt verwendete drei, zwei oder ein senkrecht auf einem Zahnstangenstuhl befestigtes Flacheisen mit eingefrästen Zähnen. Am häufigsten wurde die zweilamellige Bauart mit um die Hälfte der Teilung gegeneinander versetzten Lamellen angewendet. Gegenüber den Leiterzahnstangen zeichnete sich dieses System durch geringe Masse, billige Herstellung und einfache Verlegung aus. Es ermöglichte zudem kleinere Kurvenradien; günstig war auch die Verteilung des Zahndruckes auf mehrere Punkte bei den mehrlamelligen Formen. Allerdings erforderte die Abtsche Zahnstange Lokomotiven mit Doppelzahnradern sowie das Kuppeln von zwei oder gar drei Triebzahnradsets, so daß die beim Oberbau erzielten Ersparnisse zum Teil in die Fahrzeuge zu investieren waren. Eine weitere Lamellenzahnstange war die von Graf *Telfener* entwickelte Form, für die aber nur ein Anwendungsfall bekannt ist. Telfener benutzte zwei nicht gegeneinander versetzte verzahnte Winkelstähle.

Die von *Emil Viktor Strub* entwickelte Zahnstange bildete eine eigene Untergruppe. Die Strubsche Zahnstange basierte auf einer Breitfußschiene mit Zähnen, die aus dem Schienenkopf herausgefräst wurden. Da die Zahnstange aus einem Stück bestand, benötigte sie weniger Wartung als andere Systeme; sie konnte zudem jedem Krümmungsradius angepaßt werden und ließ sich leicht an den Schwellen befestigen. Unter dem Schienenkopf einschwembare Gleitstücke sollten das Hochklettern der Zahnräder verhindern.

Die nur für die Pilatusbahn benutzte Lochersche Zahnstange ist für uns ohne Interesse, da sie auf die obige, nicht von Dampflokomotiven befahrene Bahn beschränkt blieb.

Antriebsanordnungen

Zunächst sind Dampflokomotiven für reine Zahnradbahnen und solche für gemischte Zahnrad- und Reibungsbahnen zu unterscheiden. Für beide existierte eine Vielzahl von Antriebsanordnungen.

Betrachten wir zunächst die reinen Zahnradbahnen. Bei Lokomotiven mit nur einem

Triebzahnrad konnte dieses sich lose auf der talseitigen Achse befinden, der Antrieb erfolgte dabei über eine Blindwelle und ein Vorgelege. Weiter konnte das Zahnrad im Lokomotivrahmen gelagert sein – eine Anordnung, die größere Zahnraddurchmesser ermöglichte. Einmalig blieb die Nutzung einer doppelten Übersetzung, wie sie *Riggerbach* für die brasilianische Corcovadobahn verwendete.

Während bei Bahnen mit Riggerbach-Zahnstange nur sehr selten das Bedürfnis nach zwei Triebzahnradern bestand, war *Abt* von Anfang an genötigt, seine Lokomotiven mit zwei Zahnradern auszurüsten. Alle seine Lokomotiven für 800-mm- oder 1000-mm-Spur hatten drei Achsen, wobei sich die Bisselachse talseitig unter dem Führerhaus befand, während die Zylinder wegen der begrenzten Platzverhältnisse über dem Rahmen lagen. Die Kraftübertragung von den Zylindern übernahmen in der Mitte oder unten gelagerte Balanciers. Die Triebzahnräder saßen fest, die Laufräder lose auf den Achsen, Kuppelstangen verbanden beide Achsen. Eine weitere Variante nutzte statt des Balanciers ein Vorgelege. Gelegentlich wählte Abt auch zwei Blindwellen, deren Zahnräder auf die Triebzahnräder einwirkten.

Beyer-Peacock versah für die Zahnradbahn Puerto Cabello – Valencia in Venezuela jedes Triebzahnrad sogar mit einem separaten Zylinderpaar; diese Bauform löste zwar den Zahndruckausgleich auf elegante Weise, brachte zugleich aber Schwierigkeiten für die Unterbringung der Zylinder mit sich.

Lokomotiven für gemischte Zahnrad- und Reibungsbahnen wiesen ebenfalls eine Vielzahl von Antriebsvarianten auf. Als einfachste Bauform galt die, bei der das Triebzahnrad zusammen mit den Kuppelachsen über Kuppelstangen von der Dampfmaschine getrieben wurde, ein System, das gelegentlich auch für zwei Triebzahnräder sinngemäß zur Anwendung kam.

Maschinen mit zwischengeschaltetem Zahnradgetriebe entstanden dagegen weit häufiger, ermöglichte doch der Einbau einer Zwischenübersetzung eine Verkleinerung der Zylinderabmessungen bei erhöhter Kolbengeschwindigkeit. Damit verminderte sich die Masse, und die Laufeigenschaften gewan-

nen. Alle Spielarten mit gemeinsamem Antrieb von Triebzahnrad und Kuppelachsen krankten daran, daß der Raddurchmesser sehr genau eingehalten werden mußte, wollte man nicht schweren Gang in Kauf nehmen.

Eine Verbesserung boten Lokomotiven mit abkuppelbarem Reibungsantrieb, allerdings eine überaus selten benutzte Variante, die nur unter ganz bestimmten Bedingungen in Betracht kam. Sie erforderte entweder in das Triebzahnrad einschwenkbare Zwischenzahnräder oder Kupplungen.

Für Lokomotiven mit getrennten Triebwerken, bei denen je zwei Zylinder den Zahnrad- bzw. Reibungsantrieb übernahmen, existierten ebenfalls viele Spielarten. Einmalig blieb dabei der Fall, daß je ein Zylinderpaar auf den Zahnrad- und den Reibungsantrieb direkt ohne Zwischenschaltung von Getrieben wirkte. Sehr häufig benutzte man dagegen den von Abt entworfenen und nach ihm benannten Mechanismus. Dieser wies vier Dampfzylinder in Vierlings-, seltener in Verbundanordnung auf, von denen die äußeren die Kuppelachsen und die inneren die Triebzahnräder antrieben. Letztere lagen fast immer zwischen der ersten und zweiten Kuppelachse in einem sich auf diese Achsen abstützenden ungefederten Rahmen. Beide Zylindergruppen hatten getrennte Regler, ihre Durchmesser und Hübe mußten so angepaßt sein, daß sich eine richtige Verteilung der Zugkräfte beider Triebwerke erzielen ließ. Der doch recht komplizierte Gesamtaufbau erforderte besonders bei Schmalspurlokomotiven so manches Kunststückchen, um alle Bauelemente bei den begrenzten Platzverhältnissen unterbringen zu können.

Eine Abwandlung des Systems Abt entwickelte Beyer-Peacock, bei deren Maschinen jedes der beiden Triebzahnräder seinen Antrieb durch je einen der beiden in Verbundanordnung arbeitenden Dampfzylinder erhielt. Ein weiteres Zahnrad stellte dabei die Verbindung zwischen beiden Antrieben her.

Sehr selten waren auch Zahnradlokomotiven, bei denen der Antrieb der beiden Triebzahnräder über Schwingen erfolgte, eine ebenfalls von Abt geschaffene Variante.

Adolf Klose entwickelte einen Antrieb, der

gleichfalls über zwei Zylinderpaare verfügte, wobei die Außenzylinder in der üblichen Weise an den Kuppelachsen angriffen, während die Innenzylinder über ein Getriebe auf ein oder auch zwei Triebzahnräder arbeiteten. Dabei kämmten die Getriebezahnräder direkt mit den Triebzahnrädern.

SLM-Winterthur leitete aus dem Klose-Antrieb ein eigenes System ab. Es bestand aus je zwei außen übereinander am Rahmen angeordneten Zylindern gleicher Abmessungen, die so eine gute Zugänglichkeit sicherstellten. Auf den Reibungsstrecken arbeiteten nur die unteren Zylinder; gelangte die Maschine auf einen Zahnstangenabschnitt, so strömte der Abdampf der unteren Zylinder in die oberen, die über ein Vorgelege das Triebzahnrad oder die Triebzahnräder bewegten. Dabei saßen die Getriebezahnräder neben dem Triebzahnrad; diese Lösung garantierte eine einwandfreie Kraftübertragung. Zudem erlaubte diese Auslegung Innenrahmen, was die Konstruktion der Radsätze, ihre Lagerung sowie die des Reibungstriebwerkes wesentlich erleichterte.

Eine spezielle Untergruppe bildeten die Zahnrad-Mallet-Lokomotiven, bei denen sich das Reibungstriebwerk im hinteren festen Laufwerksteil befand, das Zahnradtriebwerk aber im vorderen gelenkigen Fahrzeugteil, das nur Laufachsen hatte.

Die Murray-Zahnradlokomotive der Middleton-Steinkohlengrube

Zahnradlokomotiven gehören zu den ältesten gebauten Dampflokomotiven. Die erste entstand, als der Betriebsleiter der britischen Middleton-Steinkohlengrube, *John Blenkinsop*, während der napoleonischen Kontinentalsperre Sorgen mit der Beschaffung des Pferdefutters für den großen Betrieb hatte. Blenkinsop beschloß deshalb, einen Versuch mit Lokomotiven zu machen und vergab an die Maschinenfabrik Fenton, Murray und Woods aus Leeds einen entsprechenden Auftrag. *Mathäus Murray* kam auf den Gedanken, die Fortbewegung durch ein in eine Zahnstange eingreifendes Zahnrad zu bewirken, da man zu jener Zeit die Reibung zwischen den glatten Lokomotivrädern und der Schiene für den Bau zugkräftiger Lokomotiven für nicht ausreichend hielt.

Die kleine, für 1219-mm-Spur ausgelegte,

auf zwei 2,438 m voneinander entfernten Laufachsen ruhende Maschine hatte zwei im Kessel senkrecht untergebrachte, doppeltwirkende Zylinder von 203 mm Durchmesser bei 610 mm Hub, die mittels Gestänge auf zwei Blindwellen wirkten. Jede trug ein Zahnrad, das in ein doppelt so großes eingriff, dessen Achse einseitig frei über den Rahmen hinausragte und hier das in die Zahnstange eingreifende Zahnrad aufnahm. Außerhalb des Gleises angebracht, wies die gegossene Zahnstange halbkreisförmige Erhöhungen auf. Durch den runden, für 0,39 MPa (3,9 kp/cm²) Druck ausgelegten Kessel führte nur ein einziges Heizrohr, das den Rost mit dem Schornstein verband.

Bei 4 bis 5 t Dienstmasse konnte diese im August 1812 abgelieferte Zahnradlokomotive 30 beladene Kohlewagen von etwa 94 t Wagenzugmasse auf einer 6,6%igen Steigung mit 5,6 km/h befördern. Sie stand bis in die 30er Jahre des vorigen Jahrhunderts in Betrieb und galt als erste betriebstaugliche Zahnradlokomotive überhaupt.

Die Zahnradlokomotive der Königlichen Eisengießerei zu Berlin

Auch bei der ersten in Deutschland gebauten Lokomotive handelte es sich um eine Zahnradlokomotive. Nachdem das Brandenburgische Oberbergamt den Bergassessor und Hütteninspektor der Berliner Eisengießerei, *Johann Friedrich Krigar*, und den Oberberggrat *C. H. Eckardt* nach England geschickt hatte, damit sie die dortigen Lokomotiven studieren, entstand 1816 ein der Murrayschen Maschine sehr ähnliches, aber kleineres Fahrzeug. Auf einer Rundbahn in Berlin fanden im Juni 1816 gegen ein Eintrittsgeld Probefahrten für das Publikum statt. Ende Juli 1816 schaffte man die Lokomotive, in Kisten verpackt, auf dem Wasserweg nach Oberschlesien, wo sie zwischen der Königsgrube und Königshütte verkehren sollte. Nach der Ankunft am 23. 10. mußte man aber feststellen, daß die Spurweiten von Gleis und Maschine nicht übereinstimmten. Da auch Kessel und Zylinder nicht dicht hielten, erfolgte die Verschrottung.

Noch vor diesem Ergebnis begann in Berlin der Bau eines zweiten Musters, das für das zu Preußen gekommene Saargebiet bestimmt war und Kohlen von der Grube

Bauernwald zur Saar befördern sollte. Nach der Fertigstellung Mitte 1817 traf die Lokomotive am 5. 2. 1819 in Gaislautern ein. Die dort stattfindenden Versuche zogen sich über drei Jahre hin, aber schon im September 1819 stellte man Konstruktionsmängel und Fertigungsfehler fest. Bereits im Januar 1820 dachte niemand mehr an einen späteren Einsatz, und erst im Oktober 1821 bewegte sich die Lokomotive erstmals fort. Als wichtigste Mängel zeigten sich dabei undichte Kolben, ungleiche Zahnradteilungen, zu schwache Laufräder, unvollständige Steuerung und ein undichter Haupthahn. Schließlich, nachdem sie mehr als ein Jahrzehnt betriebsunfähig umherstand, verschrottete man sie 1834.

Die Cathcart-Zahnradlokomotive der Madison & Indianapolis RR

Der nächste Anwendungsfall ist aus den USA bekannt, wo für die 1837 eröffnete Bahn von Madison nach Indianapolis, die eine 2,15 km lange Rampe mit einer durchschnittlichen Steigung von 5 % einschloß, das Bedürfnis nach solchen Lokomotiven bestand. Baldwin lieferte daraufhin 1847 nach den Patenten von *Andrew Cathcart*, dem Maschinenmeister der Madison & Indianapolis RR, die Lokomotive „M. G. Bright“ und 1850 eine ganz ähnliche Einheit als „John Brough“. Zwei geneigt über der ersten Achse angeordnete Außenzylinder von 394 mm Durchmesser bei 508 mm Hub arbeiteten in gewohnter Weise auf die vier Kuppelachsen mit ihren 1067 mm großen Rädern. Zwei senkrechte, seitlich der Kesselmitte angebrachte Zylinder von 432 mm Durchmesser bei 457 mm Hub setzten eine zwischen der zweiten und dritten Kuppelachse befindliche Blindwelle in Bewegung, auf der sich ein Zahnrad befand, das wiederum auf das Triebzahnrad wirkte. Dieses saß auf einer in zwei Hebeln gelagerten Achse, die ein kleiner, waagerecht auf dem Kessel gelagerter Zylinder durch ein Gestänge heben und senken konnte, so daß das Zahnrad auf der Reibungsstrecke gut geschützt war. Bekannt sind die Heizfläche von 108 m², die Dienstmasse von 38 t und die Tenderdienstmasse von 16 t. Damit ließen sich 187 t befördern, und auf der Steigung konnte eine Geschwindigkeit von 5 bis

6 km/h erreicht werden. Cathcart bestellte neben diesen beiden großen Lokomotiven bei Baldwin nach den gleichen Grundsätzen noch die kleiner ausgeführte „Ricketts“. Bis 1868 betrieb man die Madison & Indianapolis RR mit Zahnstange; danach wurden schwere Reibungslokomotiven angewendet.

Die Zahnradlokomotive der Mount Washington Rr.

Auch die nächsten Zahnradlokomotiven liefen in den USA. Für die von 1866 bis 1868 von *Sylvester Marsh* erbaute Mount Washington Rr., eine 4,6 km lange Strecke mit einer mittleren Steigung von 24 %, einer Maximalsteigung von 33,4 % und einer Spurweite von 1411 mm, lieferte die Bostoner Firma Campbell & Whitier die erste Lokomotive. Diese hatte vorn kleine und hinten große Laufräder, so daß der Rahmen auf den Steigungsstrecken waagerecht lag. Zwei Zylinder von 250 mm Durchmesser bei 400 mm Hub trieben über ein Vorgelege das auf der talseitigen Achse befestigte Zahnrad an. Der stehende Kessel war drehbar aufgehängt, damit er sich senkrecht stellen konnte. Eine in die Zähne des Triebzahnrades eingreifende Sperrklinke verhinderte bei der Bergfahrt jedes Rückwärtsrollen; die Talfahrt geschah mittels Gegendampf, unterstützt durch die Handbremse. Diese Lokomotive bewährte sich aber so schlecht, daß sie noch im ersten Betriebsjahr einer neuen weichen mußte.

Im Verlauf der Jahre entstanden für die Mount Washington Rr. 15 Lokomotiven verschiedener Bauart, davon sechs mit stehendem und neun mit liegendem Kessel; hier soll aber darauf nicht näher eingegangen werden.

Die ersten Zahnradlokomotiven der Rigi-Bahn

In Europa beruhte die Entstehung von Zahnradbahnen auf den Initiativen von *Nikolaus Riggenschbach*, dem technischen Chef der Schweizerischen Centralbahn. Er beobachtete, daß sich besonders beim Hauensteintunnel mit seiner 2,6%igen Steigung selbst durch Sandstreuen nicht immer das Schleudern der Räder vermeiden ließ. Dabei kam ihm der Gedanke, Zahnrad und Zahnstange zu nutzen. Riggenschbach begann mit der Her-

stellung von Entwürfen und Modellen und erhielt 1863 in Frankreich sein erstes Patent, erntete aber damit nur Hohn und Spott. Erst als er dann doch über das nötige Kapital verfügte und eine Gesellschaft zu dem 1869 begonnenen Bau der Vitznau-Rigi-Bahn gründen konnte, wurde ihm die von *Marsh* erbaute Mount Washington Rr. bekannt. So ist die 1871 erstmals befahrene Rigi-Bahn zwar nicht die erste Zahnradbahn, wohl aber der Ausgangspunkt einer imposanten Entwicklung, da sich das Riggenschbachsches System sogleich als sehr brauchbar erwies. Die normalspurige Vitznau-Rigi-Bahn führte vom Ufer des Vierwaldstätter Sees auf den Rigi und diente nur dem Touristenverkehr; bei 6,9 km Länge hatte sie eine durchschnittliche Steigung von 19 % und eine Maximalsteigung von 25 %.

Von Interesse sind hier vielleicht die ersten zehn nach Entwürfen von *Riggenschbach* gebauten Lokomotiven, die durch ihren stehenden Kessel Besonderes boten. Eine außen waagerecht am Rahmen montierte Zwillingsdampfmaschine arbeitete auf eine Blindwelle, deren beide Zahnräder in zwei rechts und links am Triebzahnrad befestigte Gegenstücke eingriffen. Das Triebzahnrad lagerte lose auf der hinteren Laufachse und bestand aus Hartholz; zur Stoßdämpfung befanden sich zwischen Radkörper und Zahnkranz Dämpfungsfedern.

Die Lokomotiven stützten sich auf zwei Achsen ab, deren Räder zur Erleichterung des Bogenlaufes sich lose auf den Achsen drehten; die hintere Achse blieb ungefedert, um den Zahneingriff nicht zu stören. Um die ständige Bedeckung der feuerberührten Kesselteile mit Wasser zu sichern, standen die Kessel auf der mittleren Steigung senkrecht. Im Betrieb und Unterhalt befriedigte diese Bauart nicht, so daß später liegende Kessel zur Anwendung kamen. Als Regelbremse für die Talfahrt benutzte man eine Gegendruckbremse; eine Kurbelwellen-Bandbremse sowie eine doppelte Rillenscheiben-Spindelbremse am Bremszahnrad dienten als Reserve; eine durch einen Zentrifugalregulator ausgelöste Dampfbremse, die auf die letztere Bremse wirkte, brachte den Zug bei Geschwindigkeitsüberschreitung automatisch zum Stillstand. Die Lokomotiven der Rigi-Bahn hatten zunächst kein

Führerhaus, doch schon bald brachte die Bahn wenigstens ein Dach und eine Vorderwand an.

Im folgenden seien einige technische Daten genannt: Zylinderdurchmesser 270 mm, Hub 400 mm, Triebzahnrad Durchmesser 637 mm, Achsstand 3 m, Kesseldruck 1 MPa (10 kp/cm²), Rostfläche 0,9 m², Heizfläche 39,5 m² für Nr. 1 bis 3 und 58,4 m² für Nr. 4 bis 10, Länge über Puffer 6,375 m, Dienstmasse 12,5 bis 15,1 t, Wasservorrat 1,6 m³, Kohlevorrat 0,5 t.

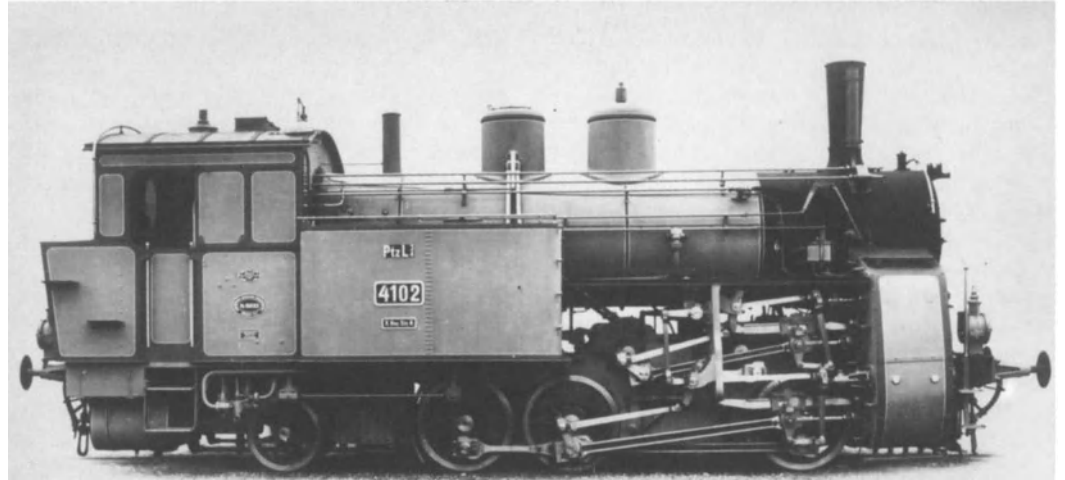
Nachdem Riggenbach die Oltener Hauptwerkstatt der Schweizerischen Centralbahn, in der die ersten Entwicklungsarbeiten stattfanden, verlassen hatte und die von ihm mitbegründete Internationale Gesellschaft für Bergbahnen in Aarau einer Wirtschaftskrise zum Opfer gefallen war, beauftragte er vor allem SLM-Winterthur, die Maschinenfabrik Esslingen und für einige amerikanische Auftraggeber auch Baldwin in Philadelphia mit dem Bau von Zahnradlokomotiven seines Systems. Besonders Esslingen nahm sich mit großem Erfolg der Zahnradlokomotive an und versorgte fast die ganze Welt mit Bahnen, beinahe eine einmalige Erscheinung.

In Deutschland trat das Riggenbachsche System auf den 1892 gebauten württembergischen Albstrecken in Erscheinung; auch die Höllentalbahn erhielt 1909 eine Riggenbach-Zahnstange.

Die deutschen Zahnradlokomotiven

Die von Abt entwickelte Bauform ermöglichte es erstmals, auch gemischte Reibungs- und Zahnstangenbahnen auszuführen; dabei konnten die Züge auf den Reibungsstrecken schnell genug fahren und auf den Zahnstangenabschnitten auch schwere Züge ziehen. Als erste Bergbahn nach dem Abtschen Verfahren eröffnete 1885 die Harzbahn von Blankenburg nach Tanne den Betrieb; die Steigung der Zahnstangenstrecke betrug hier 6 %. Auch bei den Thüringer Bergbahnen, der Görlitzer Kreisbahn und der Eulengebirgsbahn kam es zur Einführung.

Im folgenden ein kurzer Blick auf die deutschen Zahnradlokomotiven. Für die Harzbahn lieferte Esslingen 1885 C1'-Lokomotiven, bei denen die Innenzylinder über



Schwinghebel die beiden Triebzahnräder drehten; eine gleiche Bauform gelangte auch an die Höllental- und die Eulengebirgsbahn. Bei den preußischen T26-C1'-Maschinen aus dem Jahre 1902 ließ man die Schwinghebel fort und ließ die Innenzylinder direkt auf die beiden Triebzahnräder arbeiten. Württemberg legte bei seinen 1'C-Zahnradlokomotiven der Reihe Fz des Baujahres 1893 die beiden Triebzahnäder lose auf die beiden ersten Kuppelachsen und ließ in sie ein von den Innenzylindern angetriebenes Zahnrad eingreifen. Bei den badischen IXb, der bayrischen PtzL3/4, der preußischen T28 und der württembergischen Hz, der stärksten deutschen Zahnradlokomotive mit der Achsfolge E, gebaut 1923 von Esslingen, legte man Hoch- und Niederdruckzylinder außen übereinander. Die Steuerung beider Maschinengruppen blieb getrennt, die Blindwelle lag direkt über dem Triebzahnrad. Außer den öffentlichen Bahnen gab es auch verschiedene Werkbahnen mit Zahnstangenbetrieb, hauptsächlich in Steinbrüchen, aber auch unter Tage.

Ansonsten boten die deutschen Maschinen keine Besonderheiten, weder von den Leistungen noch von der Ausführung her. Die kurzen obigen Darlegungen sollen daher genügen, im folgenden werden dagegen einige besonders markante Vertreter des Auslandes ausführlicher vorgestellt.

Die Reihe HG 2/3 der Appenzeller Straßenbahn

Wohl die kompliziertesten Zahnradlokomotiven liefen auf der meterspurigen Appenzeller Straßenbahn. Diese führte von St. Gallen über Gais nach Appenzell und enthielt bei 19 km Gesamtlänge vier Zahnstangenabschnitte von zusammen 3,3 km Länge und mit 9,2 % größter Steigung, während diese auf den Reibungsstrecken bei maximal 4,5 % lag. Oberbaurat Klose von der württembergischen Staatsbahn erhielt den Auftrag, einen Lokomotivtyp für gemischten Betrieb zu entwickeln, der 70 t auf 10%igen Steigungen im Zahnstangenbetrieb bzw. auf 5%igen im Reibungsbetrieb befördern sollte. Da Kurven von 30 m Radius zu durchfahren waren, bildete Klose das Reibungstriebwerk nach dem von ihm entwickelten System aus. Die rückwärtige Laufachse dieser B1'-Maschine faßte er mit dem Kohle- und Wasserbehälter zu einem Stütztender zusammen. Wegen der Innenzylinder des Zahntriebwerkes kam nur ein Außenrahmen in Betracht. Das Zahnradtriebwerk arbeitete über die vordere Achse hinweg auf eine Vorgelegewelle, die mit dem Triebzahnrad in einem besonderen Rahmen gelagert war, der zur Sicherung des Zahnradeingriffes in die Zahnstange ebenfalls vom Stütztender entsprechend der Ablenkung in Kurven eingestellt wurde. Bemerkenswert war auch die Ausbildung der Zahnradmaschine als Verbundtriebwerk zu einer

Zeit, als außer einer Versuchslokomotive in der Schweiz das Verbundsystem überhaupt noch nicht zur Nutzung gelangte.

Der waagerechte, sehr lange und sehr tief liegende Kessel hatte eine stark überhöhte Feuerbüchse, die bei ganz mit Wasser gefülltem Langkessel als Stehkessel mit Wasser- und Dampfraum diente und zugleich einen Dampfdom trug.

Als normale Betriebsbremse stand die Gegendruckbremse zur Verfügung, die auf beide Triebwerke arbeitete. Der radialen Einstellbarkeit der Achsen wegen konnte keine auf die Kuppelräder arbeitende Bremse genutzt werden, sondern die Federspeicherbremse und das Bremszahnrad befanden sich an der Tenderachse.

Die technischen Daten lauteten: Zylinderdurchmesser \times Hub (Reibungstriebwerk und Zahnradtriebwerk) 360 mm \times 400 mm, Kuppelraddurchmesser 815 mm, Triebzahnradraddurchmesser 860 mm, Achsstand 6 m, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 1,4 m², Heizfläche 88 m², Länge über Puffer

9,32 m, Dienstmasse 34 t, Reibungsmasse 22 t, Zugkraft 57 kN (5,7 t), Höchstgeschwindigkeit auf der Reibungsstrecke 30 km/h, Höchstgeschwindigkeit auf der Zahnstangenstrecke 18 km/h, Wasservorrat 3 m³, Kohlevorrat 1 t.

SLM-Winterthur produzierte 1888/89 drei Einheiten, nach Behebung eines Montagefehlers arbeiteten sie so exzellent, daß sie die Erwartungen weit übertrafen; das führte zur Bestellung einer vierten Lokomotive. Aber bereits 1890 ereigneten sich an den zu vierteiligen und empfindlichen Maschinen zahlreiche, zu hohen Wartungskosten führende Brüche und sonstige Störungen.

Die Zahnradlokomotiven der San Domingo Improvement Comp.

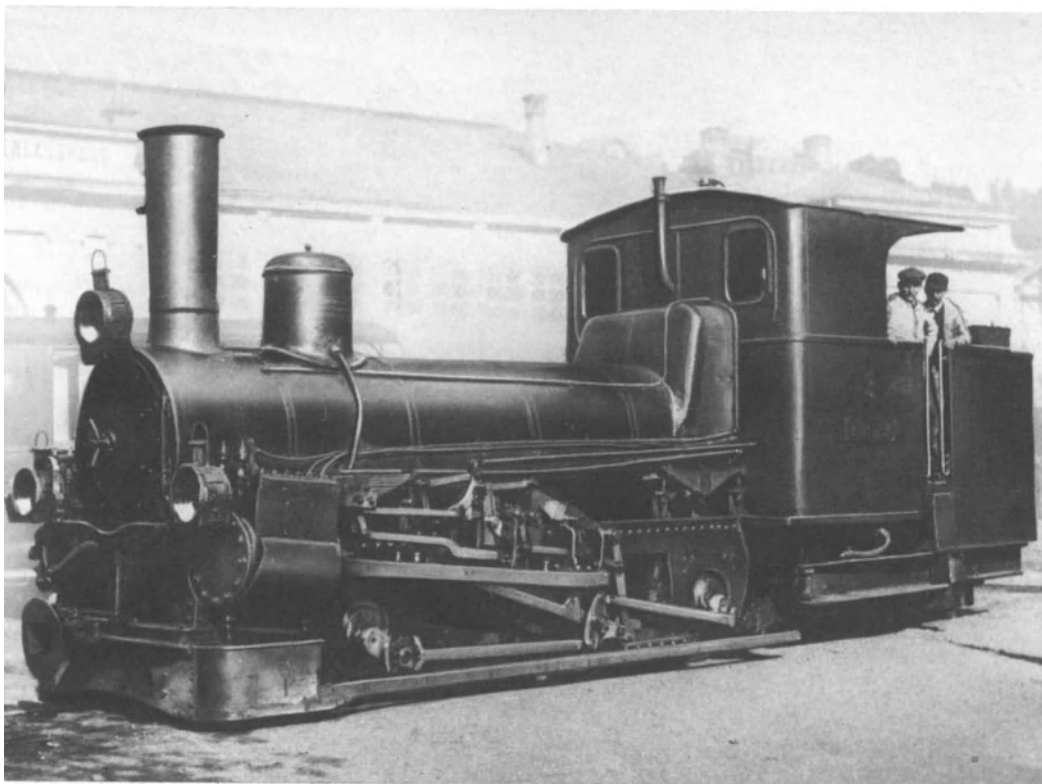
1895 bestellte die 765-mm-spurige San Domingo Improvement Comp. eine Maschine für gemischten Betrieb nach dem System Abt bei den Baldwin-Werken in Philadelphia, USA, die die einzige Zahnradlokomotive mit Vaucrain-Verbundtriebwerk blieb. Dabei

handelte es sich um einen 1B-Typ, wobei alle Räder den gleichen Durchmesser von 838 mm aufwiesen. Das Triebzahnrad befand sich auf der vorderen Achse, deren Laufräder nur lose befestigt waren. Für das Reibungstriebwerk fand das erwähnte Verbundsystem Verwendung, während für den Zahnradantrieb eine Zwillingdampfmaschine als Triebquelle diente; dabei lagen die Zahnradzylinder über denen des Reibungstriebwerkes. Letztere arbeiteten über einen Balancier auf einen Spezialkreuzkopf, während die Zahnradzylinder eine Schwinge zur Kraftübertragung benutzten. Als Vorteil dieser komplizierten Anordnung galt der günstige Dampfverbrauch, nachteilig war aber das recht komplizierte Gestänge.

Bekannt sind die Zylindermaße von 229 mm bzw. 330 mm Durchmesser bei 457 mm Hub für das Vaucrain-Triebwerk und von 281 mm Durchmesser und 457 mm Hub für das Zahnradtriebwerk. Der Kuppelraddurchmesser betrug 838 mm, der Achsstand 2,743 m, der Dampfdruck 1,27 MPa (12,7 kp/cm²), die Rostfläche 1,16 m², die Heizfläche 59 m², die Länge über Puffer 5,308 m und die Dienstmasse 31,5 t.

Die Reihe III5c der Bosnisch-Herzegowinischen Landesbahnen

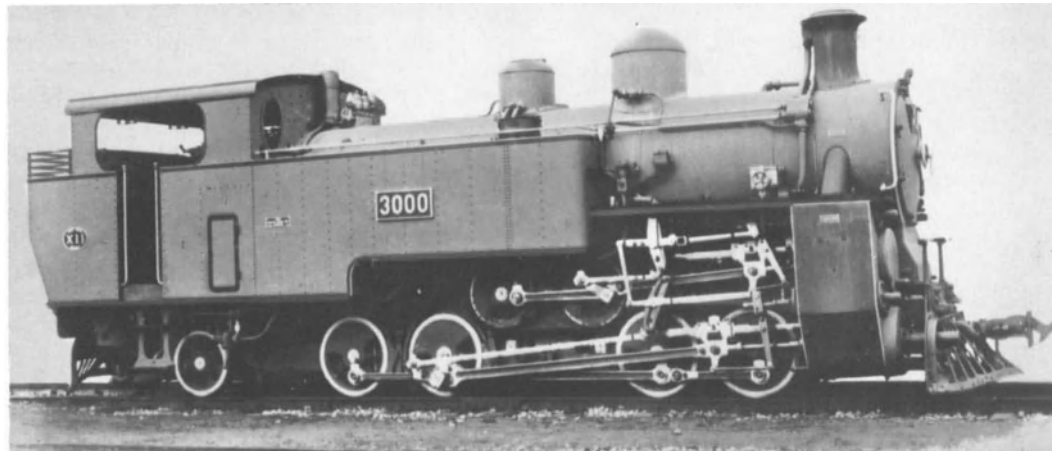
Die Wiener Lokomotivfabrik baute 1906 für die Bosnisch-Herzegowinischen Landesbahnen, ausgeführt in 760-mm-Spur, zwei 2'C-Schleppenderlokomotiven in Mallet-Bauart. Dabei hatten beide Triebgestelle Außenrahmen. Das hintere nahm die Hochdruckzylinder von 370 mm Durchmesser bei 400 mm Hub auf. Sie wirkten auf die mittlere Kuppelachse, bestückt mit 800 mm großen Rädern. Das vordere Gestell trug die Niederdruckzylinder von 570 mm Durchmesser bei 360 mm Hub, die auf die beiden Triebzahnräder von 688 mm Durchmesser arbeiteten. Letztere befanden sich zwischen den beiden Laufachsen. Bei Fahrt auf der Abtschen Zahnstange arbeitete die Lokomotive mit Verbundwirkung, sonst als Zwilling. Insgesamt kam man auf 5,9 m Achsstand. Der leistungsfähige Kessel für einen Dampfdruck von 1,3 MPa (13 kp/cm²) verfügte über einen 2 m² großen Rost und eine Heizfläche von 115 m². Bei einer Länge über Kupplung von



Zahnradlokomotive der Nilgiri R.
für den gemischten Reibungs-
und Zahnradbetrieb in Indien,
1914 bis 1952 von SLM-Winterthur geliefert

Zahnradlokomotive
für den gemischten Reibungs-
und Zahnradbetrieb
der holländischen Staatsbahn auf Sumatra,
von SLM-Winterthur 1913 und 1926 gebaut

Zahnradlokomotive der Therezopolis-Bahn,
eine reine Zahnradbahn,
für die SLM-Winterthur von 1921 bis 1938
insgesamt acht Lokomotiven baute



9,53 m betrug die Dienstmasse 39,5 t, die Reibungsmasse 25 t und die Höchstgeschwindigkeit 40 km/h bzw. 15 km/h.

Als Reihe III5c mit den Betriebsnummern 751 und 752 eingeordnet, waren die beiden Exemplare in der Lage, auf einer 1,5%igen Steigung 120 t mit 20 km/h zu befördern; auf den 8%igen Zahnstangenabschnitten ließen sich noch 85 t mit 8 km/h fahren.

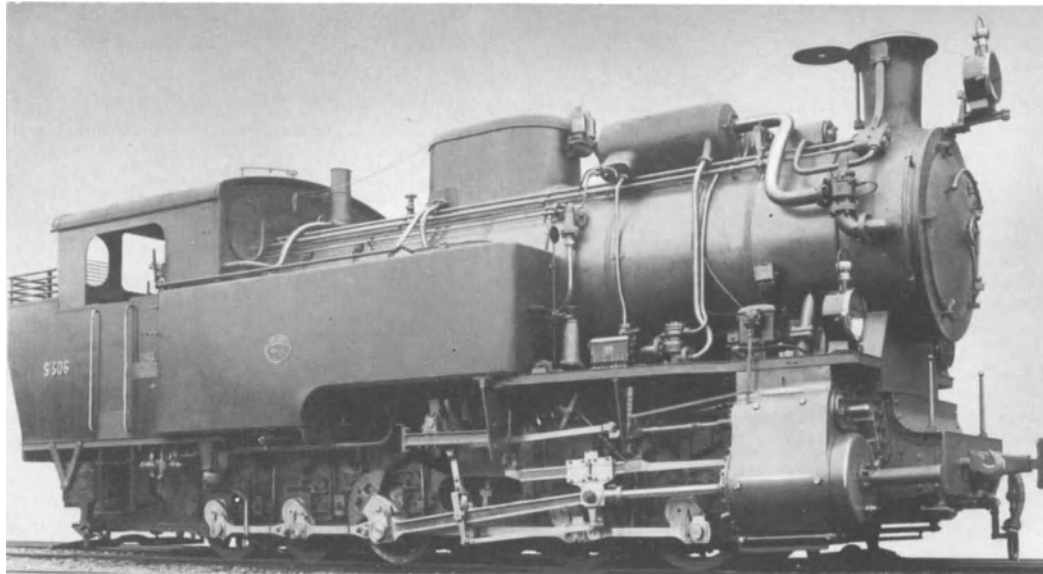
1918 gingen sie an die jugoslawischen Staatsbahnen über, dort erhielten sie die Betriebsnummern 196.001/002; über den weiteren Verbleib ist nichts bekannt.

Die Kitson-Meyer-Zahnradlokomotiven der chilenischen Transandenbahn

Die meterspurige chilenische Transandenbahn benötigte nach der Jahrhundertwende Lokomotiven, die imstande sein mußten, auf einer 8%igen Steigung einen 120-t-Zug zu befördern. Die britische Firma Kitson & Co. aus Leeds glaubte diese Bedingungen durch die 1907 erfolgte Lieferung von drei Maschinen einer speziellen Bauart erfüllen zu können. Diese entsprachen im Gesamtaufbau dem schon besprochenen Kitson-Meyer-Prinzip. In unserem Fall trug das vordere vierachsige Drehgestell den Reibungsantrieb, während das hintere zwischen seinen beiden Laufachsen die zwei Triebzahnräder aufnahm. Zur Zugkrafterhöhung auf den Zahnstangenabschnitten war im vorderen Drehgestell noch eine Hilfszahnradmaschine eingebaut, welche von zwei über den Reibungszyklindern gelagerten Zusatzzyklindern getrieben wurde.

Diese wirklich bemerkenswerten Lokomotiven hatten folgende technische Daten: Zylinderdurchmesser \times Hub (Reibungstriebwerk) 419 mm \times 483 mm, Zylinderdurchmesser \times Hub (Hauptzahnradtriebwerk) 470 mm \times 483 mm, Zylinderdurchmesser \times Hub (Hilfszahnradtriebwerk) 330 mm \times 355 mm, Kuppelraddurchmesser 914 mm, Gesamtachsstand 9,716 m, Kesseldruck 1,41 MPa (14,1 kp/cm²), Rostfläche 2,8 m², Heizfläche 189,5 m², Länge über Kupplung 14,5 m, Zugkraft (Reibungstriebwerk) 91 kN (9,1 t), Zugkraft (Zahnradtriebwerk) 154 kN (15,4 t).

Im Einsatz zeigte sich dann bald die zu kleine Kesselkapazität, so daß man das Hilfs-triebwerk wieder entfernte. In diesem Zu-



stand liefen sie dann bis zur Elektrifizierung im Jahre 1925. Auf der argentinischen Seite der Transandenbahn befanden sich sechs solcher Lokomotiven in Dienst; bei den beiden letzten von ihnen ließ man aber den Zahnradmechanismus im vorderen Drehgestell von vornherein entfallen.

Die Reihe II der chilenischen Transandenbahn

Unter der Mitwirkung von *Roman Abt* baute die Maschinenfabrik Esslingen 1908 zwei weitere Einheiten für die chilenische Transandenbahn. Dabei handelte es sich um 3'D-Mallet-Lokomotiven, eingestellt als Reihe II, mit einem vierachsigen Reibungsgestell unter der Feuerbüchse und einem vorderen dreiachsigen Laufgestell mit drei Triebzahnradern.

Die technischen Daten lauteten hier: Zylinderdurchmesser \times Hub (Reibungstriebwerk) 394 mm \times 495 mm, Zylinderdurchmesser \times Hub (Zahnradtriebwerk) 540 mm \times 450 mm, Kuppelraddurchmesser 914 mm, Gesamtachsstand 8,387 m, Kesseldruck 1,5 MPa (15 kp/cm²), Rostfläche 3,3 m², Heizfläche 183,5 m², Länge über Kupplung 13,957 m, Dienstmasse 87,5 t, Reibungsmasse 49,8 t, Zugkraft (Reibungstriebwerk) 91 kN (9,1 t), Zugkraft (Zahnradtriebwerk) 213 kN (21,3 t).

Die Mallet-Zahnradlokomotiven der bolivianischen Arica-La-Paz-Bahn

Schon 1910 hatte Esslingen für die meter-spurige Arica-La-Paz-Bahn in Bolivien zwei D1'-Lokomotiven des Systems Abt geliefert, die aber zu schwach ausgefallen waren, weshalb 1913 Saronno, die Tochtergesellschaft in Italien, drei 2'E-Mallet-Tenderlokomotiven baute. Der hintere feste Fahrwerks- teil war hier ebenfalls als Reibungstriebwerk ausgebildet, im vorderen zweiachsigen Gestell befanden sich zwei Triebzahnräder. Auch diese Lokomotiven verdienen die Nennung der technischen Daten: Zylinderdurchmesser \times Hub (Reibungstriebwerk) 500 mm \times 500 mm, Zylinderdurchmesser \times Hub (Zahnradtriebwerk) 480 mm \times 480 mm, Kuppelraddurchmesser 950 mm, Gesamtachsstand 8,87 m, Kesseldruck 1,5 MPa (15 kp/cm²), Rostfläche 3,2 m², Heizfläche 189 m², Dienstmasse 92 t, Reibungsmasse 65,6 t, Zugkraft (Reibungstriebwerk) 148 kN (14,8 t), Zugkraft (Zahnradtriebwerk) 138 kN (13,8 t).

Die Reihe 97^a für die Erzbergbahn in Österreich

Um die ergiebigen Spateisenvorkommen am österreichischen Erzberg in der Steiermark

effektiver und wirtschaftlicher erschließen zu können, wurde am 15. 9. 1891 der Güterverkehr auf der regelspurigen Abtschen Zahnradbahn von Vordernberg über den Präbichlpaß nach Eisenerz aufgenommen. Es handelte sich dabei um die längste regelspurige Zahnradbahn in den Alpen und die einzige dieser Art in Österreich; der Zahnstangenabschnitt war 14,6 km lang, die Maximalsteigung betrug 7,1 %, und der kleinste Kurvenradius lag bei 200 m. Bis 1908 lieferte die Wiener Lokomotivfabrik 14 C1'-Tenderlokomotiven der Reihe 69, gefolgt 1912 von vier stärkeren Zahnrad-Tenderlokomotiven der Reihe 269 mit der Achsfolge F.

Als Deutschland 1938 Österreich okkupierte, begann es sofort mit der Einbeziehung der österreichischen Wirtschaft in die Kriegsvorbereitung; so wurden neue Hochofen- und Stahlwerke errichtet. In Zusammenhang damit stieg die Verkehrsleistung auf der Erzbergbahn so an, daß noch stärkere Traktionsmittel erforderlich schienen. Die Konstruktion und Fertigung zweier Lokomotiven der Reihe 97^a, spätere 297 der ÖBB, übernahm wieder die Wiener Lokomotivfabrik; die Lieferung erfolgte 1941, die Inbetriebnahme 1942.

Ausgeführt mit der Achsfolge 1'F1', hatten sie ein normal gebautes Reibungstriebwerk; mit zwei seitenverschiebbaren Kuppelachsen, einem spurkranzgeschwächten Radsatz und zwei Adamsachsen ließen sich noch 180-m-Bögen befahren. Das Hauptproblem lag in der Lagerung des gegenüber der Reihe 269 doppelt so starken Zahntriebwerkes und in der Schubübertragung auf den Rahmen. Die beiden Triebzahnräder ruhten in einem Gestell, das sich auf die zweite und vierte Kuppelachse abstützte; die Zahnräder selbst befanden sich zwischen zweiter und dritter und zwischen dritter und vierter Kuppelachse mit 2,25 m Abstand. Eine hochgelegene Blindwelle, über ein Vorgelege mit den Innenzylindern verbunden, trieb über schrägliegende Kuppelstangen die beiden Triebzahnräder an; zwei Kuppelleisen übertrugen die Längskräfte. Beide Triebwerksgruppen waren für Gegendruckbremsung eingerichtet. Der Kessel und die sonstigen Baugruppen boten keine Besonderheiten; erwähnenswert sind noch die handbetätigte Bandbremse für das Zahnradtriebwerk, die

übliche Handbremse und die Druckluftbremse.

Die technischen Daten lauteten wie folgt: Zylinderdurchmesser \times Hub (Reibungstriebwerk) 610 mm \times 520 mm, Zylinderdurchmesser \times Hub (Zahnradtriebwerk) 400 mm \times 500 mm, Kuppelraddurchmesser 1050 mm, Triebzahnradraddurchmesser 688 mm, Achsstand 11,45 m, Kesseldruck 1,6 MPa (16 kp/cm²), Rostfläche 3,9 m², Heizfläche 211 m², Überhitzerfläche 73 m², Länge über Puffer 14,8 m, Dienstmasse 125 t, Reibungsmasse 98 t, Zugkraft (Reibungstriebwerk) 206 kN (20,6 t), Zugkraft (Zahnradtriebwerk) 204 kN (20,4 t), Höchstgeschwindigkeit (Reibungsstrecke) 30 km/h, Höchstgeschwindigkeit (Zahnradstrecke) 25 km/h.

Für die beiden Lokomotiven machte sich eine Oberbau- und Zahnstangenverstärkung erforderlich; im Herbst 1942 konnte die Gesamtstrecke freigegeben werden. Die schon im Sommer unternommenen Probefahrten zeigten einen unruhigen Lauf des Zahnradtriebwerkes und starke Verschleißerscheinungen an den Zahnradern. Ende 1943 rissen die vier Pendel der hinteren Aufhängung des Zahnradrahmens bei der 97 401, und auch die 97 402 wies Schäden auf. Wegen kriegsbedingter Qualitätsmängel gab es laufend weitere Ausfälle. 1955 ersetzte man die Pendelaufhängung des Zahnradrahmens durch eine andere Konstruktion; die Zug- und Druckstangen zur Zugkraftübertragung wurden spielfreier gelagert und der Massenausgleich verbessert, so daß das Zahnradtriebwerk ruhiger lief. Dabei diente die zweite Maschine als Ersatzteilsponder.

Aber auch nach diesen Verbesserungen befriedigte das Muster nicht, die Reparaturanfälligkeit blieb zu groß. Auch konnte für einen Einzelgänger kein vernünftiger Dienstplan erstellt werden. Das starke Absinken des Verkehrs führte dann 1964 zur Außerdienststellung der 297.401; die 297.402 kam nach dem Krieg überhaupt nicht mehr zum Einsatz.

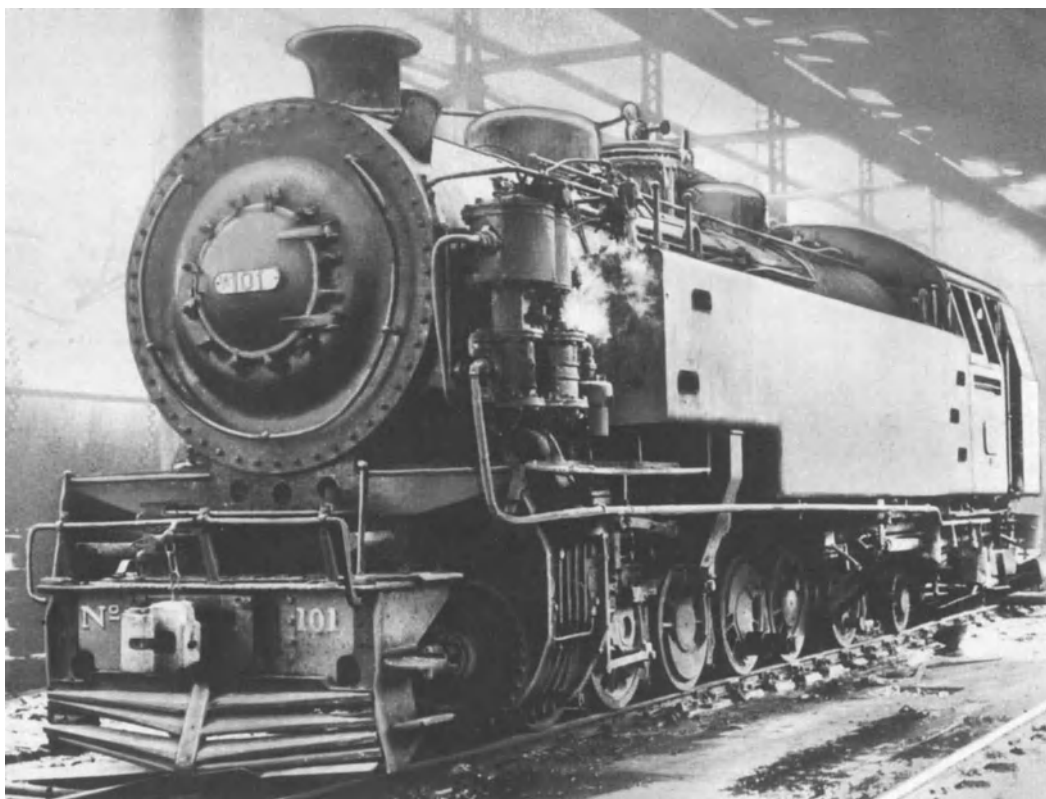
Die Reihe 100 der argentinischen General-Belgrano-Eisenbahn

Kurz vor dem zweiten Weltkrieg trat die meterspurige General-Belgrano-Eisenbahn aus Argentinien, die über Tucuman und Jujuy

die Verbindung mit Bolivien herstellte, an die Maschinenfabrik Esslingen wegen der Lieferung einer Reibungs- und Zahnradlokomotive heran, die 400 t auf 6 % Steigung mit 12 km/h über den zweilamelligen Abtschen Zahnstangenabschnitt befördern sollte. Der Zahnstangenabschnitt begann nördlich von Jujuy bei der Station Leon in 1623 m Höhe und endete 11 km vor der Station Volcan in 2057 m Höhe. Dabei lag die Strecke fast vollständig in Krümmungen mit Gegenbögen von 396 und 300 m Radius. Schon 1905 hatte Esslingen drei 63 t schwere Zahnradlokomotiven nach Argentinien geliefert. Zwischenzeitlich fanden auch Versuche mit 160-t-Beyer-Garratt-Lokomotiven statt, die aber bergwärts nur 275 t Wagenzugmasse befördern konnten. Die beiden neuen Tendermaschinen kamen erst 1954 zur Auslieferung und standen ab Juli 1955 als Nummer 101 und 102 in Dienst. Sie sind sowohl wegen der Ausführung als Sechskuppler mit

der Achsfolge F1' als auch durch ihre Leistungsfähigkeit bemerkenswert.

Die beiden Zylinder des Reibungstriebwerkes wirkten in der üblichen Weise auf die vierte Kuppelachse; die Wahl eines kleinen Kuppelraddurchmessers hielt den Achsstand in Grenzen und ermöglichte dank der Seitenverschiebbarkeit der ersten und sechsten Achse, durch spurkranzgeschwächte Räder auf der dritten und vierten sowie durch die Verbindung der letzten Kuppel mit der Laufachse durch ein Krauss-Helmholtz-Gestell das Befahren von 120-m-Bögen. Die über den Reibungszyllindern platzierten Zahnradzylinder arbeiteten über Schwinghebel und zwei gekuppelte Vorgelegewellen auf die zwischen der zweiten und dritten und der dritten und vierten Achse angeordneten Triebzahnradern. Diese lagerten starr im Rahmen, demgemäß blieb das Federspiel der benachbarten Achsen beschränkt. Der Kessel der üblichen Bauart



hatte Ölfeuerung, die Brenner lagen im vorderen Feuerbüchsteil. Wie alle Zahnradlokomotiven, so besaßen auch diese eine umfangreiche Bremsausrüstung; vorhanden waren eine Druckluftbremse, eine Handbremse und eine ebenfalls handbetätigte Bandbremse für das Zahnradtriebwerk.

Betrachten wir nun die technischen Daten: Zylinderdurchmesser \times Hub (Reibungstriebwerk) 680 mm \times 500 mm, Zylinderdurchmesser \times Hub (Zahnradtriebwerk) 400 mm \times 400 mm, Kuppelraddurchmesser 940 mm, Triebzahnradurchmesser 917 mm, Achsstand 7,9 m, Kesseldruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 3,5 m², Heizfläche 213 m², Überhitzerfläche 86,6 m², Länge über Kupplung 12,25 m, Dienstmasse 110 t, Reibungsmasse 99 t, Zugkraft bei 65 % Füllung (Reibungstriebwerk) 225 kN (22,5 t), Zugkraft bei 65 % Füllung (Zahnradtriebwerk) 155 kN (15,5 t), Höchstgeschwindigkeit (Reibungsstrecke) 40 km/h, Höchstgeschwindigkeit (Zahnstangenstrecke) 12 km/h, Wasservorrat 10,6 m³, Ölvorrat 3,7 m³.

Bei den beiden Lokomotiven handelte es sich um die stärksten Zahnradtypen für Meterspur, die je gebaut wurden, leistungsmäßig befriedigten sie durchaus, jedoch gab es anfangs Triebwerksschäden infolge von Schwingungen im Zahnradtriebwerk; auch mußten neue Zylindergußstücke wegen Rißbildung eingebaut werden. Mit der Elektrifizierung der Strecke zog man 1961 bzw. 1963 beide Exemplare aus dem Betrieb.

3.5. Wetli-Lokomotiven

Lokomotiven nach dem vom Züricher Kantonalingenieur *Kaspar Wetli* entwickelten System zeichneten sich durch ein besonderes Mittel zur Zugkraftherhöhung aus. Einerseits verfügten sie über ein normales Reibungstriebwerk und andererseits über eine zwischen den beiden Achsen angeordnete breite Trommel mit grober, pfeilförmiger Verzahnung, die ihrerseits in eine identische, zwischen den Schienen auf den Schwellen befestigte, aus kurzen Schienenstücken bestehende Verzahnung eingriff.

Um die Eingriffstiefe in die Schienenstücke festzulegen, stützte sich die Trommel mit spurkranzlosen Rädern auf die Adhäsionschienen ab. Kuppelstangen verbanden die Trommel mit der hinteren Kuppelachse, und mittels eines kleinen Dampfzylinders und einer radialen Lagerführung ließ sie sich nötigenfalls aus dem Eingriff heben. Sobald erforderlich, drückte sie ein zweiter Dampfzylinder zur Erhöhung der Eingriffssicherheit bei Fahrt auf der Wetli-Strecke auf den Oberbau, wobei das Dampfkissen zugleich als Feder wirkte.

Die Hauptmängel der Bauart Wetli lagen im unrichtigen Eingriff in Kurven, im Unterschied der Umfangsgeschwindigkeit von Trommel und Kuppelrädern nach gewisser Abnutzung und in der schwierigen Reinigung des Oberbaues bei Schneefall.

Die Probelokomotive von SLM-Winterthur

1874 baute SLM-Winterthur eine kleine Versuchsmaschine, die auf einer 360 m langen Bahn oberhalb Wädenswil lief.

Die interessante Lokomotive mit ihrem stehenden Kessel und 20 t Dienstmasse bedurfte aber noch vieler Ergänzungen und Verbesserungen an Ort und Stelle. Die erste Fahrt fand nicht vor dem 25. 4. 1874 statt. Sie gelang wegen mangelnder Dampfentwicklung, großen Druckabfalls in den Zylindern und durch die hemmende Wirkung der sehr roh gegossenen Trommel nur schlecht; spätere Probefahrten befriedigten dann aber durchaus. 1880 fand dieser Typ in Zürich einen Käufer und neuen Besitzer.

Die Wetli-Lokomotiven der Wädenswil-Einsiedeln-Bahn

1876 lieferte Esslingen in die Schweiz an die Wädenswil-Einsiedeln-Bahn, die eine 10 km lange Linie mit durchgehend 5 % Steigung betrieb, drei Maschinen nach dem Wetli-System. Sie verfügten über Außenzylinder von 380 mm Durchmesser und 530 mm Hub, vier 890 mm große Kuppelräder, einen Achsstand von 2,5 m und einen Kessel für 1,2 MPa (12 kp/cm²) Druck mit 1,3 m² umfassendem Rost sowie 79 m² Heizfläche; die Dienstmasse belief sich auf 25,8 t.

Im November 1876 stattfindende Tests verliefen zunächst gut, aber bei der anschließenden Fahrt mit dem dritten Exemplar, Be-

triebsnummer 253, ereignete sich am 30. 11. 1876 ein schwerer Unfall, bei dem die Lokomotive und ein mit 20 t belasteter Schienenwagen völlig zerstört wurden. Verursacht wurde das Unglück durch ein Versagen der Bremse und der Gegendampfvorrichtung sowie durch die Tatsache, daß die Talfahrt nur mit Reibungstriebwerk erfolgte, weil die Trommel nach einigen Störungen im Eingriff ausgehoben worden war. Obgleich damit die Brauchbarkeit des Wetli-Systems an sich nicht in Frage stand, fand es keine zweite Anwendung mehr.

1892 baute man die beiden verbliebenen Maschinen, nachdem sie ab 1. 5. 1877 auf der Bahn im reinen Reibungsbetrieb verkehrten, in C-Tenderlokomotiven um, in den 30er Jahren musterte man sie endgültig aus.

3.6. Fell-Lokomotiven

Das Prinzip der Fell-Lokomotive ähnelte stark dem der Zahnradlokomotive, jedoch erfolgte die Kraftübertragung nicht form-schlüssig über Zahnräder und Zahnstangen, sondern nur durch Reibschluß waagerecht liegender Reibräder, die an einer zusätzlichen, in Gleismitte verlegten Schiene angriffen.

Die Sellers-Lokomotiven

Erstmals realisierte 1847 der Amerikaner *George Escol Sellers* mit dem Bau von vier oder fünf Lokomotiven für die Panamabahn dieses Prinzip. Seine 2'B-Maschinen in typisch amerikanischer Bauform hatten ein zweites Zylinderpaar, das dem auf die letzte Kuppelachse arbeitenden Triebwerk überlagert war. Über lange Stangen wirkte es auf eine hinter den Achsen gelagerte Blindwelle, die über Kegelräder den Antrieb des Reibradpaares besorgte. Die Lokomotiven kamen aber nicht mehr zur Ablieferung, wohin sie gegangen sind, ist unbekannt. Später baute Sellers noch einmal zwei oder drei Exemplare für eine Kohlebahn in Pennsylvania, doch auch hier ist ein Einsatz nicht belegt.

Die Fell-Lokomotiven der Mont-Cenis-Bahn

Erst nach Sellers erschienen die Lokomotiven des britischen Ingenieurs *John Barraclough Fell*, der, da Sellers weitgehend unbekannt blieb, als Erfinder dieser Art von Bergbahnen gilt. Fell ließ 1863 von der Firma Alexander Milvalle Iron Works eine derartige Lokomotive bauen und auf einer eigens hergerichteten Strecke der Derbyshire & Cromford High Peak Rw. erproben. Die kleine B-Tendermaschine hatte Außenzylinder, die in der üblichen Art an der zweiten Kuppelachse angriffen. Die beiden zusätzlichen Zylinder des Innentriebwerkes lagen übereinander und trieben über je ein Querhaupt gleichzeitig die beiden waagerechten Reibradpaare an. Für die Treibstangen des unteren Zylinders war die senkrechte Radachse gekröpft, zum Andrücken verwendete Fell Wickelfedern mit 170 kN Preßkraft. Bei nur 14,7 t Dienstmasse beförderte das Maschinchen 16 t mit 13 km/h über eine Steigung von 7,7 %.

Ziemlich gleichzeitig entwickelte Fell noch eine zweite B-Tenderlokomotive mit nur zwei Innenzylindern, bei der diese über einen waagerechten Kurbeltrieb auf die ebenfalls durch Federn angepreßten Reibräder, zugleich aber über eine Zwischenwelle auf die Kuppelachsen arbeiteten. Das erforderte jedoch identische Durchmesser für alle Räder, und da man die auf den Schienen laufenden nicht zu klein machen konnte, eine große Breite für den systembedingten Außenrahmen. Hierin lag vielleicht auch der Grund zu der für englische Maße ungewöhnlichen Spurweite von 1100 mm. Außerdem entstanden Zerrungen infolge der nicht immer übereinstimmenden Winkelgeschwindigkeit zwischen innerem und äußerem Triebwerk bei ungleichmäßiger Radabnutzung.

Beide Fell-Lokomotiven bildeten den Grundstock des Fahrzeugparkes der Mont-Cenis-Bahn, einer 1100-mm-Strecke, die ab 1868 St. Michel auf der französischen mit Susa auf der italienischen Seite des Mont-Cenis-Massivs verband. Die Streckenlänge betrug 77 km, die maximale Steigung 8,3 % und der kleinste Bogenhalbmesser 40 m. Am 15. 6. 1868 eröffnet, verfügte sie über 18 Lo-

komotiven, außer den beiden britischen Exemplaren entstanden 16 Stück in Frankreich; alle arbeiteten bis zur Betriebseinstellung im Jahre 1871, bedingt durch den Bau des Mont-Cenis-Basistunnels, durchaus zufriedenstellend.

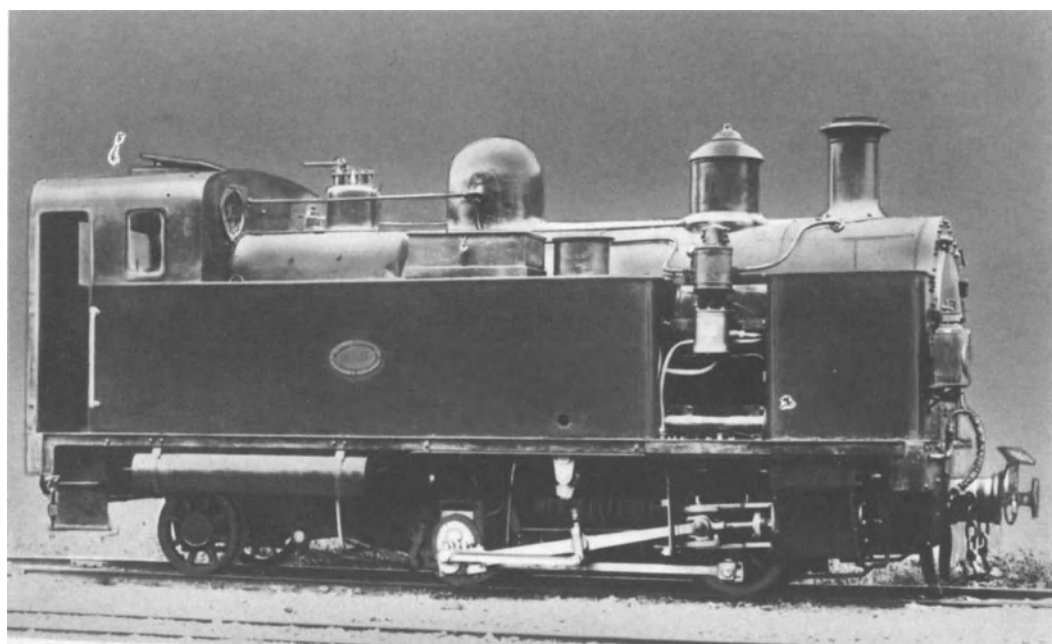
Infolge der guten Bewährung tauchten bald zahlreiche Entwürfe für weitere Fell-Bahnen auf; zur Ausführung kamen aber nur wenige, darunter die 1872 eröffnete Canta-Gallo-Bahn in Brasilien, die später in den Besitz der Leopoldina überging. Von den kleineren Fell-Bahnen sei hier nur die bei Pouillysous-Charlions in Frankreich aus den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts erwähnt, die bei einigen unwesentlichen Abweichungen als System Geoffry bezeichnet wurde. Regelspurig ausgeführt, hatte sie Steigungen von nur 4 %, hätte also auch als Reibungsbahn laufen können. Bekannt sind ferner die 1895 erbaute, elektrisch betriebene Laxey-Snefall-Bahn in Nordengland und die Lokomotiven der italienischen Heeresverwaltung.

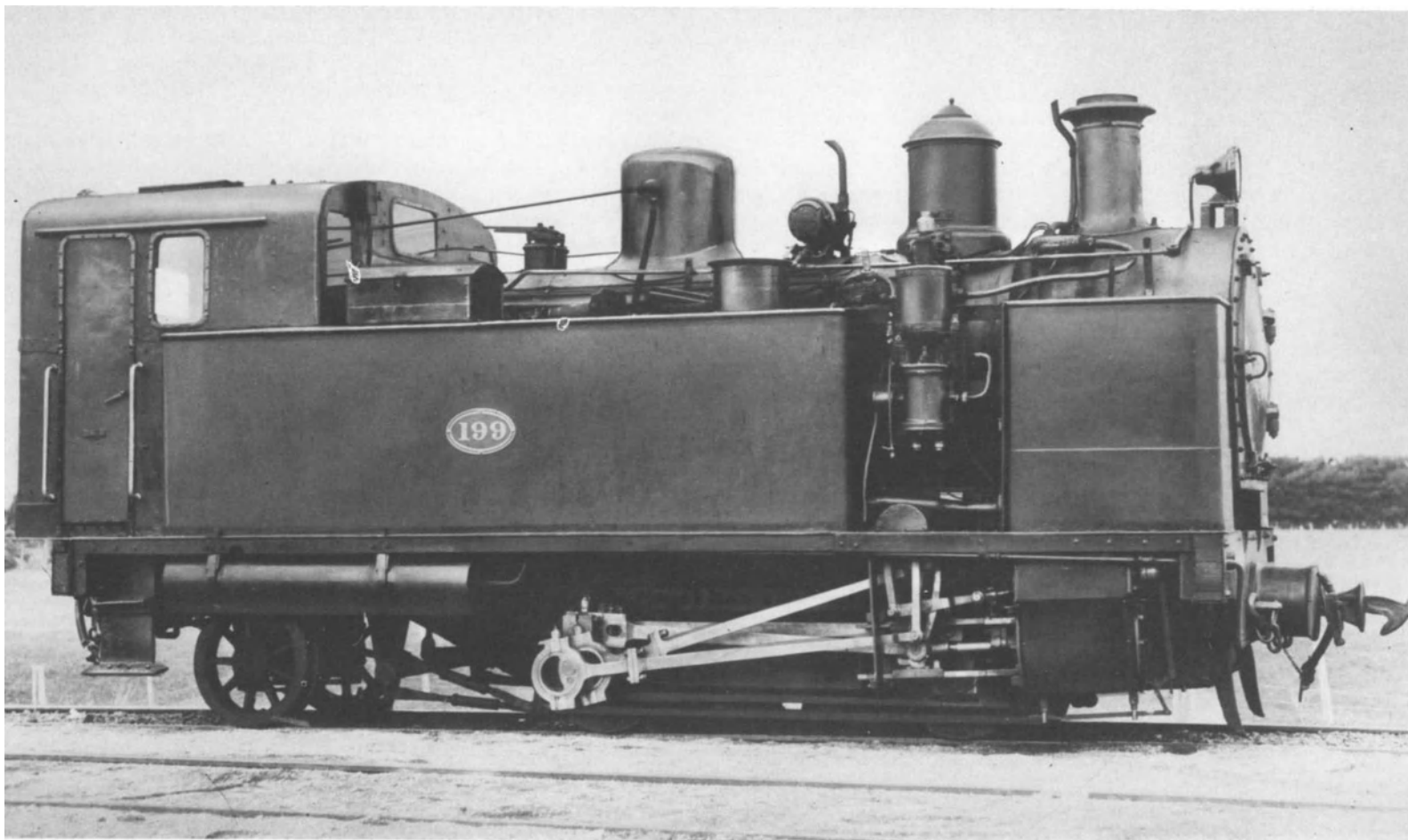
Die Reihe H der New Zealand Government Rw.

Am längsten wurden Fell-Lokomotiven in Neuseeland genutzt, wo sie die Strecke Wellington–Wairavapu mit der 6,66 % Steigung

aufweisenden 4 km langen Rimutaka-Rampe befuhren. 1875 lieferte die britische Firma Avonside vier B1'-Fell-Tenderlokomotiven, bei denen zwei außen liegende Zylinder von 365 mm Durchmesser und 406 mm Hub die beiden mit 813 mm großen Rädern versehenen Kuppelachsen trieben, während zwei Innenzylinder von 305 mm Durchmesser und ebenfalls 406 mm Hub die 597 mm großen Reibräder bewegten. Bei 1,12 MPa (11,2 kp/cm²) Kesseldruck, 36 t Dienst- und 32 t Reibungsmasse und einer Anpreßkraft auf die Mittelschiene von 300 kN konnte eine Lokomotive einen 65-t-Zug mit 10 km/h über die Steilrampe bringen.

1886 folgten zwei weitere Fell-Lokomotiven, gebaut von Neilson & Co., die den Vorgängern weitgehend glichen. Später erhielten alle sechs Exemplare die Reihenbezeichnung H. Mit der Eröffnung des Rimutaka-Tunnels und der damit verbundenen Streckenverlegung endete am 3. 11. 1955 der Betrieb mit diesen Lokomotiven.





3.7. Liliputlokomotiven

Liliputlokomotiven dienten und dienen der Personenbeförderung auf Ausstellungen. Im allgemeinen haben Liliputeisenbahnen eine Spurweite zwischen 184 mm ($7\frac{1}{4}$ Zoll) und 508 mm (20 Zoll); die international gebräuchlichste Spurweite ist 381 mm (15 Zoll). Bahnen unter 184 mm Spurweite sind für das Mitfahren weniger geeignet und rechnen schon zu den Modelleisenbahnen; größere Spurweiten als 508 mm zählen nur dann zu den Liliputeisenbahnen, wenn die Lokomotiven maßstäblich größeren Vorbildern nachempfunden sind und nicht auf Feld- und Industriebahnmaterial zurückgegriffen wird.

Abgesehen von den kleinen Dimensionen aller Bauteile, entsprechen Liliputlokomotiven vom Prinzip, der Wirkungsweise und dem allgemeinen Aufbau her der Normalbauart.

Liliputlokomotiven in Deutschland

Die ersten deutschen Liliputlokomotiven liefen 1913 auf der Breslauer Jahrtausendausstellung und anschließend auf der Internationalen Bauausstellung 1914 in Leipzig. Die Gesellschaft für Feldbahnindustrie Smoschewer & Co. aus Breslau stellte Gleise und die beiden 2'B-Lokomotiven zur Verfügung, die aus handelsüblichen Feldbahnteilen bestanden. Obwohl die Spurweite 600 mm maß, hatten sie doch die typischen Merkmale einer Liliputlokomotive; in ihrem

Äußeren glichen sie den damaligen Schnellzuglokomotiven sehr.

Die technischen Daten sind erhalten geblieben und werden wie folgt genannt: Zylinderdurchmesser 120 mm, Hub 180 mm, Kuppelraddurchmesser 440 mm, Achsstand einschließlich Tender 1,94 m, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 0,23 m², Heizfläche 5,16 m², Länge über Puffer 5,3 m, Dienstmasse 3 t, Wasservorrat 0,73 m³, Kohlevorrat 0,32 t.

Die Ausstellungsbahn ging 1914 in den Besitz der Leipziger Lunapark GmbH über, die den Betrieb mit den beiden Lokomotiven bis Anfang 1932 aufrechterhalten konnte; über den weiteren Verbleib ist nichts bekannt. 1925 fuhren zur Deutschen Verkehrsausstellung in München die ersten drei deut-

schen Einheits-Liliputlokomotiven der Firma Krauss aus München mit einer Spurweite von 381 mm. Konstruiert von Oberingenieur *Martens* in Anlehnung an die gerade entwickelten Einheitslokomotiven der Reichsbahn, erhielten sie die Achsfolge 2'C1', ähnelten aber den Schnellzuglokomotiven der Reihe 01 äußerlich kaum.

Im Maßstab 1:3,33 gebaut, gestattete das Fahrwerk mit der mittigen spurkranzlosen Treibachse noch das Durchfahren von 20-m-Bögen. Der Kessel ruhte auf einem Barrenrahmen; ein besonderer Blechrahmen umfaßte die Feuerbüchse zwischen der letzten Kuppelachse und der Schleppachse. Im Führerhaus waren die auf das Notwendigste beschränkten Armaturen zu finden; der Lokführer saß auf dem vierachsigen Drehgestellender und schaute über das zusammenschiebbare Führerhausdach hinweg. Die Bremsenrichtung bestand aus einer Vakuumbremse für den Zug, einer auf die Kuppelachsen wirkenden Dampfbremse und einer Handbremse auf dem Tender.

Die technischen Daten waren: Zylinderdurchmesser 150 mm, Hub 200 mm, Kupplerraddurchmesser 530 mm, Achsstand 3,515 m, Kesseldruck 1,3 MPa (13 kp/cm²), Rostfläche 0,44 m², Heizfläche 11 m², Länge über Kupplung 7,43 m, Dienstmasse 5,6 t,

Leistung 23 kW (30 PS), Höchstgeschwindigkeit 30 km/h, Wasservorrat 0,9 m³, Kohlevorrat 0,2 t.

Nach der Verkehrsausstellung fuhren diese Lokomotiven 1926 auf der Ausstellung für Gesundheitspflege, Soziale Fürsorge und Leibesübungen. Für die 1928 stattfindenden Veranstaltungen in München, Köln, Rotterdam und Wien baute Krauss 1928 zwei weitere Exemplare verbesserter Konstruktion. Weitere Einsatzhöhepunkte stellten die Hygieneausstellung 1930/31 in Dresden und die Jahresschau „Garten und Heim“ 1937 ebenfalls in Dresden dar. Für eine Düsseldorfer Ausstellung lieferte Krupp 1937 drei 2'C1'-Lokomotiven, genannt „Düssel“, „Jahn Welle“ und „Radschläger“. Diese fielen mit 9,8 t Dienstmasse, 30,5 kW (40 PS) Leistung und 35 km/h Höchstgeschwindigkeit etwas kräftiger aus, entsprachen aber sonst dem Einheitsstyp.

Liliputlokomotiven in der DDR

Nach dem Ende des zweiten Weltkrieges nahm erstmals am 7. 7. 1950 eine Einheits-Liliputlokomotive mit zwei Wagen auf der Gartenbauausstellung in Erfurt den Betrieb auf. Später folgte noch ein zweiter Zug; beide verkehrten bis zum 17. 9. 1950.

Am 1. 6. 1950 nahm die damalige Kinderei-

senbahn, die heutige Pioniereisenbahn, in Dresden den Betrieb mit zwei Lokomotiven auf; für die Zeit der Gartenbauausstellung gingen sie nach Erfurt, danach fanden sie ständige Verwendung in Dresden.

Ab 5. 8. 1951 fuhr eine dritte Einheits-Liliputlokomotive auf der Leipziger Pioniereisenbahn.

Ein zeitweiliger Einsatz fand vom 28. 11. 1953 bis zum 23. 12. 1953 auf dem Berliner Weihnachtsmarkt und vom 26. 12. 1953 bis zum 10. 1. 1954 auf dem Neujahrsmarkt statt. Ein Jahr später wurde am selben Ort aus demselben Anlaß nochmals eine Liliputeisenbahn aufgebaut.

Liliputlokomotiven in Großbritannien

Auch Großbritannien stellte eines der Hauptanwenderländer von Liliputlokomotiven dar. Dort dienten sie nicht nur Ausstellungszwecken, sondern versahen auf beachtlichen Streckennetzen den Reise- und Güterverkehr.

Erwähnenswert sind dabei besonders die Ravenglass & Eskdale R.w., die auf einer 11 km langen Strecke drei Dampflokomotiven einsetzt, und die Romney, Hythe & Dymchurch Light R.w. Co., die sogar über 22 km führt; beide Bahnen haben 381-mm-Spur. Die Romney, Hythe & Dymchurch Light R.w. Co. verfügt über zehn Lokomotiven. Fünf von ihnen weisen die Achsfolge 2'C1' auf; sie wurden von der Firma Davey Paxman & Co., die sie zwischen 1925 und 1927 lieferte, den berühmten Gresley Pacifics der London & North Eastern R.w. nachempfunden. Zwei von ihnen hatten sogar ursprünglich ein Drillingstriebwerk. Daneben sind auch zwei 2'D1'-Lokomotiven und zwei Pacifics amerikanischer Bauart, aber vom britischen Hersteller Yorkshire Engine Co. 1931 gebaut, im Einsatz. Eine Lokomotive, die „Bug“, stammt aus Deutschland; diese wurde 1927 von der Firma Krauss gebaut. Erwähnenswert ist auch, daß eine der beiden Amerikaner, die „Winston Churchill“, 1973 Ölfeuerung erhielt, wobei die Ölfeuerungsanlage eine Eigenentwicklung der Bahn darstellte.

Neben den Lokomotiven analog der Regelbauart existierten auch bemerkenswerte Spezialtypen, wie beispielsweise die beiden Liliput-Garratt-Lokomotiven der Surrey Border & Camberley R.w. Diese 1938 von Kitson





„Samson“ der Romney,
Hythe & Dymchurch Light R.W. Co.,
1926 von der Yorkshire Engine Co.
für die 22 km lange 381-mm-spurige Bahn
gebaut

„Southern Maid“ der Romney,
Hythe & Dymchurch Light R.W. Co.,
1927 von Davey Paxman & Co. gebaut

& Co. für 260-mm-Spur gelieferten (1'C)(C1')-Maschinen konnten bei 2 t Leermasse 16 Wagen mit rund 110 Fahrgästen befördern.

Die 1'D1'+D-Triebtenderlokomotiven der Ravenglass & Eskdale R.W. fanden schon im Kapitel „Lokomotiven mit Triebtender“ Erwähnung.

3.8. Trambahnlokomotiven

Der Begriff der Trambahn ist heute nur noch wenig gebräuchlich und nicht mit dem der Straßenbahn identisch. Vielmehr diente die Trambahn nicht nur der Personenbeförderung innerhalb der Städte und Vororte, sondern in vielen Fällen übernahm sie auch den Überlandverkehr in Verbindung mit dem Gütertransport. Für dieses Aufgabengebiet und besonders bei stark wechselnder Beanspruchung konnte die Trambahnlokomotive auch nach Einführung der elektrischen Straßenbahn noch einige Zeit überleben.

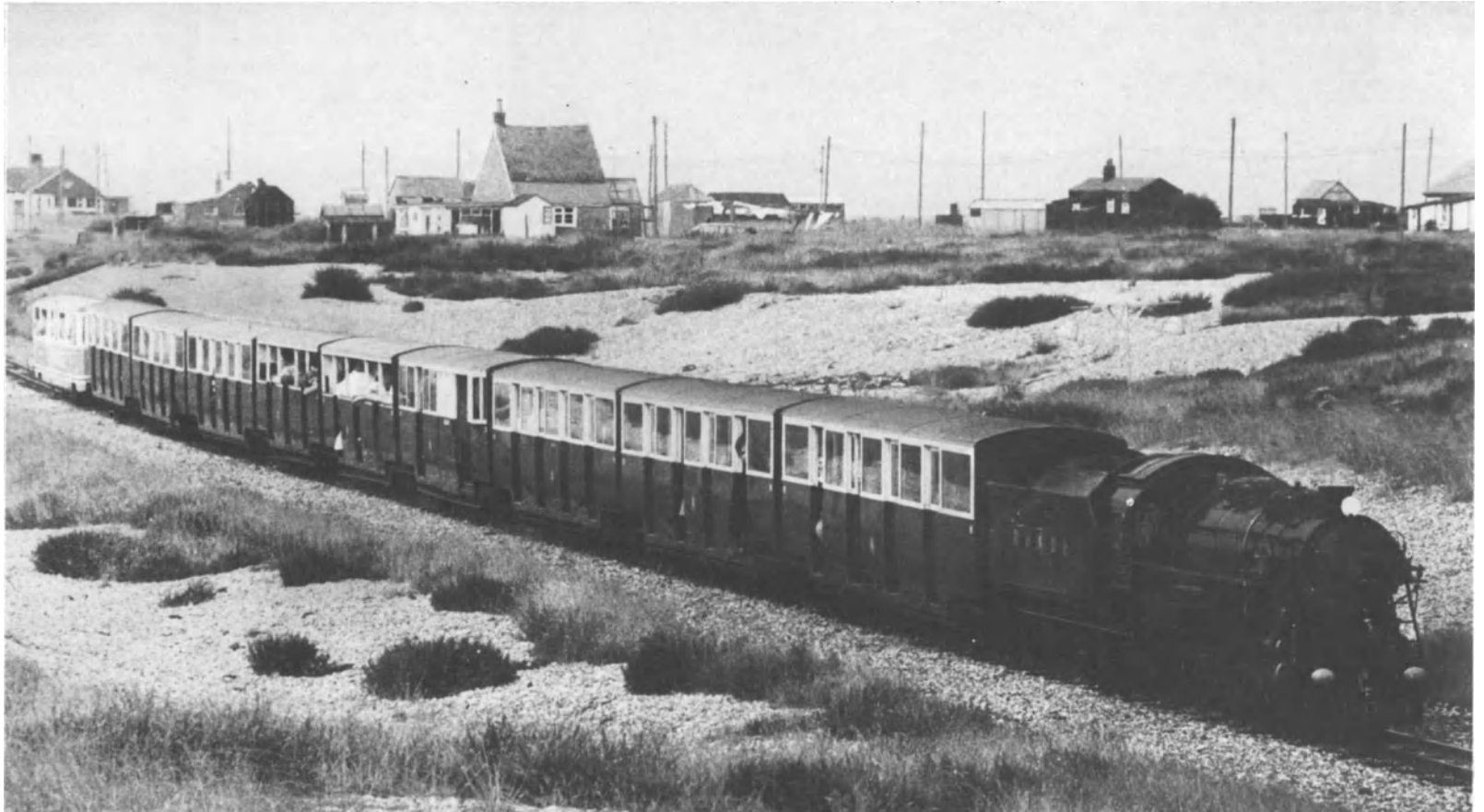
Fast immer entschloß man sich zur Schmalspur, verbunden mit eng bemessenen Kurven, erheblichen Steigungen und leichtem Oberbau. Die geforderte Geschwindigkeit überstieg selten 25 km/h, die verlangten Zugkräfte dagegen erreichten oft die von Nebenbahnlokomotiven. Die großen Beanspruchungen bedingten eine kräftige, gedrungene Bauart, und wegen der starken Abnutzung durch Staub und Schmutz legte man Wert auf große Gleit- und Reibflächen.

Trambahnlokomotiven wiesen fast immer die Achsfolge B oder C auf; sie hatten häufig abgedeckte Triebwerke und einen kastenförmigen, den Kessel verkleidenden und die Führerstände einschließenden Aufbau. Wichtig war gute Streckensicht, ohne die Lokomotive an den Endpunkten drehen zu müssen. Der Führerstand befand sich daher entweder an der Kessellängsseite oder je einer an jedem Fahrzeugende.

Innen- und Außenzyylinder fanden gleichermaßen Verwendung, wobei Innenzyylinder einen besseren Schutz gegen Verschmutzung boten; in dieser Hinsicht blieb der Brownsche Schwinghebelantrieb unübertroffen. Eine Seltenheit stellten stehende Dampfma-



„Doctor Syn“ der Romney,
Hythe & Dymchurch R.W. Co.,
1931 von der Yorkshire Engine Co. geliefert



schienen dar. Trambahnlokomotiven baute man sowohl mit stehenden als auch mit liegenden Kesseln. Seitliche Führerstände bedingten seitlich am Stehkessel angeordnete Feuerlöcher. Vielfach mußte Koks, der beim Durchfahren der Städte nicht qualmte, als Feuerungsmaterial dienen; manche Gemeinden verlangten zusätzlich auch noch Abdampfkondensation.

Die B'B'-Trambahnlokomotiven der Société Métallurgique Ariege

Zu welchen aufwendigen Sonderkonstruktionen enge Gleisbögen in Verbindung mit starken Steigungen, die vier Kuppelachsen erforderten, führten, zeigt deutlich eine 1881 von SLM-Winterthur für die Société Métallurgique Ariege gebaute B'B'-Trambahnlokomotive für 900 mm Spurweite.

Für die beiden Zylinder von 240 mm Durchmesser bei 350 mm Hub fand sich nur seitlich vom Kessel in Lokmitte Platz; sie wirkten auf ein zwischen den beiden Drehgestellen angeordnetes Stirnradgetriebe, das ähnlich wie bei einer Klien-Lindner-Hohlachse mit den benachbarten Kuppelachsen verbunden war. Die Kraftübertragung auf die Endachsen übernahmen Kuppelstangen. SLM wählte 900 mm große Kuppelräder und kam damit auf 1,05 m Drehgestell- und 3,305 m Gesamtachsstand. Ein Brückenrahmen nahm die Triebwerksverkleidung, bestehend aus drei großen Klappen an jeder Seite, den Kessel und den üblichen Führerstand auf. Der Regelkessel fiel mit 1,2 MPa (12 kp/cm²) Dampfdruck und 38,7 m² Heizfläche bescheiden aus; bei 10,1 t Dienstmasse erbrachte die 5,22 m lange Maschine eine Zugkraft von

6 kN (0,6 t); die Vorratsbehälter nahmen 2,5 m³ Wasser und 0,5 t Kohle auf; die Höchstgeschwindigkeit überschritt 10 km/h nur knapp. Erwähnenswert ist noch die sonst nur bei Zahnradlokomotiven übliche Bandbremse.

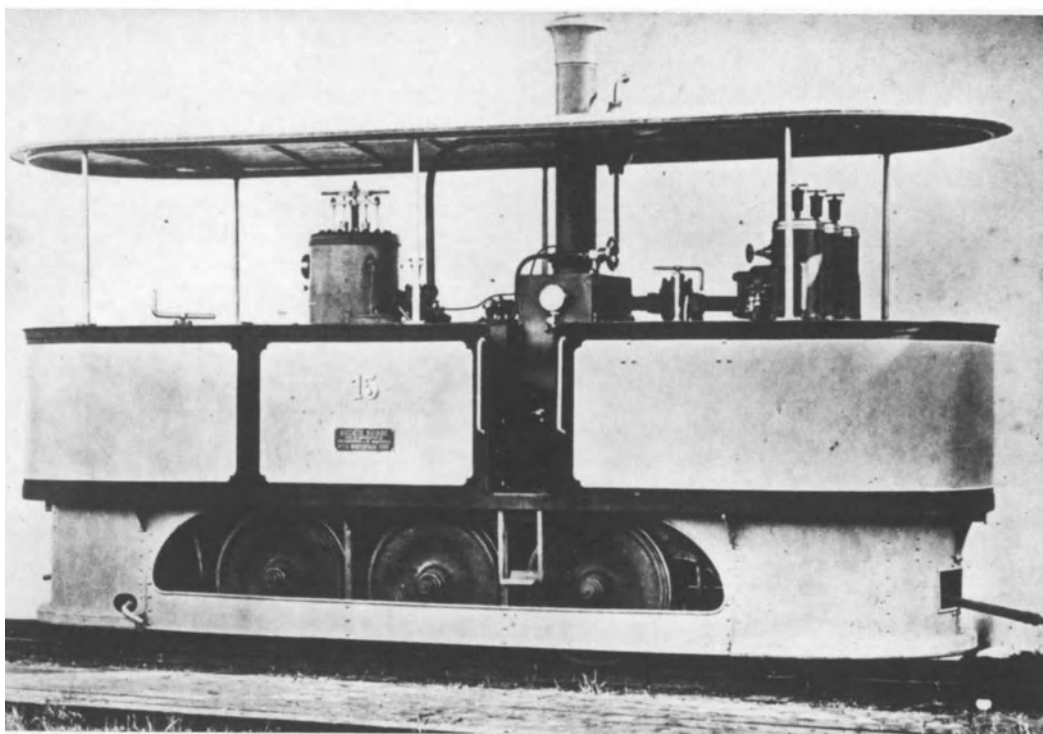
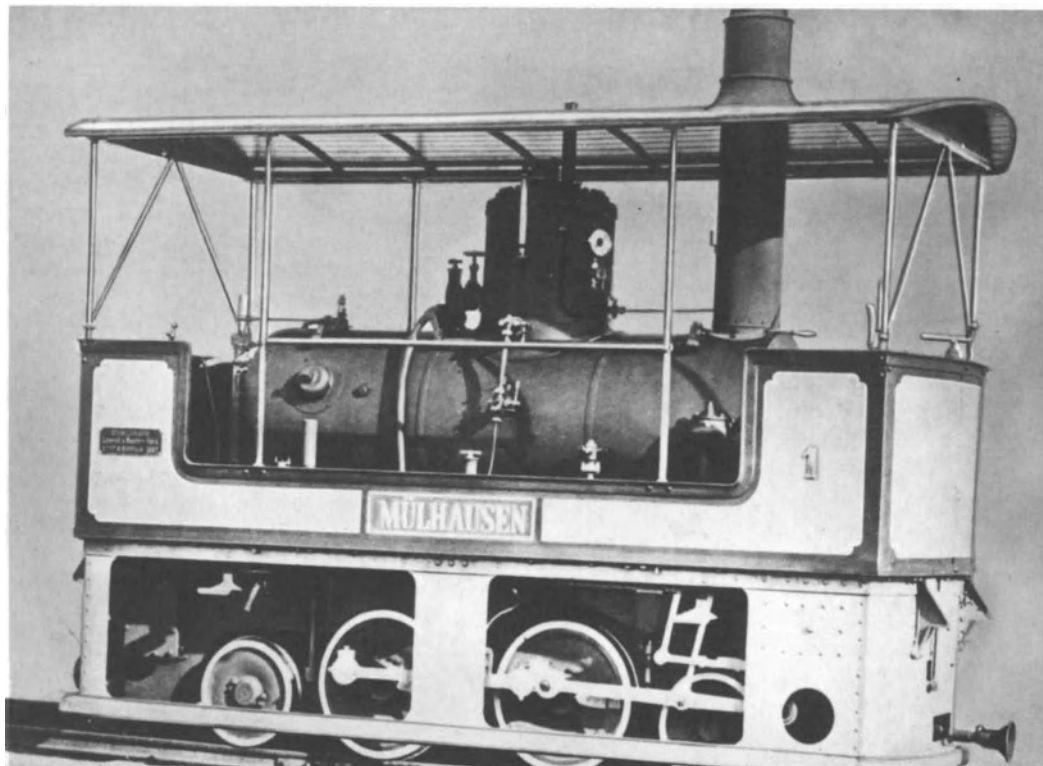
Die Reihen L1 und Pts3/3N der Pfalzbahn

Als einzige deutsche Staatsbahnverwaltung setzte die Pfalzbahn Trambahnlokomotiven ein, die zugleich als typisch für eine Vielzahl ihrer Artgenossen gelten können. In der Pfalz lagen die Schmalspurstrecken vielfach in oder dicht neben den Straßen, so daß die Verwaltung auf die für diesen Dienst bestens geeignete Trambahnbauart zurückgriff.

1888 baute Krauss sieben derartige meter-spurige C-Lokomotiven mit dem typischen

Dampftrambahnlokomotive
für Mühlhausen mit Brownschem Triebwerk,
1882 von SLM-Winterthur gebaut

Dampftrambahnlokomotive für Barcelona,
1882 von SLM-Winterthur geliefert



verglasten kastenförmigen Aufbau und der Triebwerksverkleidung; diese wies aber über die ganze Länge Klappen auf. Das Außentriebwerk und der liegende Kessel entsprachen dem Stand der Technik, erwähnenswert ist allenfalls der Wasserkastenrahmen.

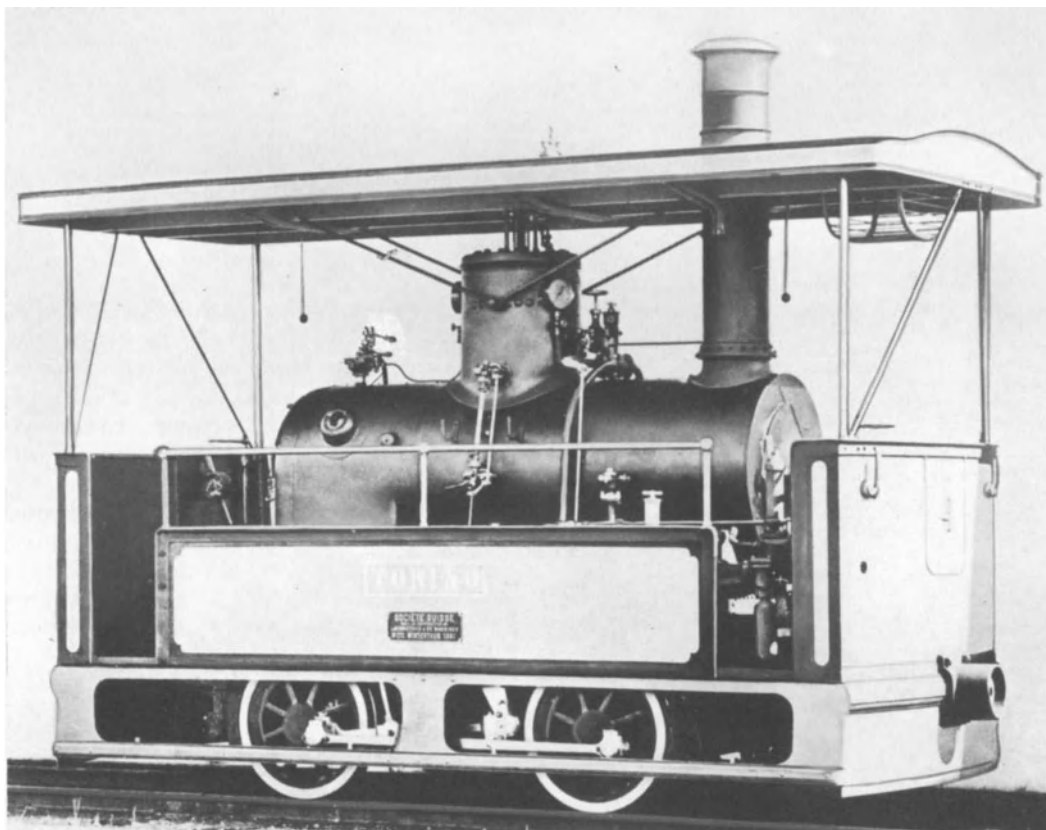
Auch die technischen Daten unterstreichen die durchschnittliche Stellung unter den Trambahnlokomotiven; sie lauteten: Zylinderdurchmesser 320 mm, Hub 350 mm, Kuppelraddurchmesser 845 mm, Achsstand 1,8 m, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 0,85 m², Heizfläche 43,8 m², Länge über Puffer 6 m, Dienstmasse 22,7 t, Wasservorrat 2,1 m³, Kohlevorrat 1,1 t, Höchstgeschwindigkeit 30 km/h.

Alle sieben Exemplare gingen als Reihe L1 mit den Betriebsnummern XI bis XVII an die Strecken im Raum Ludwigshafen–Neustadt/Weinstraße–Speyer. Zwei weitere Serien aus den Jahren 1891 und 1899 mit den Betriebsnummern XVIII bis XXII fielen identisch aus. Mit 0,7 t höherer Dienstmasse baute Krauss 1907 die XXVIII und 1910 die XXIX; letztere trug bereits die bayrische Reihenbezeichnung Pts3/3N; denn 1901 kam die Pfalzbahn zu Bayern. Die Deutsche Reichsbahn übernahm 13 Maschinen als 99 081 bis 00 093; die erste Ausmusterung erfolgte 1931, die letzte 1957.

Als zu Beginn der 20er Jahre erneuter Bedarf im pfälzischen Umfeld an Trambahnlokomotiven bestand, lieferte Krauss 1923 nochmals drei Einheiten, nun aber als Heißdampfversion und mit veränderten Aufbau, bei denen Rauchkammer, Schornstein und Kohlekasten frei blieben. Neben dem Rahmenwasserkasten befanden sich zwei weitere, jetzt seitlich der Rauchkammer. Obwohl nach der Gründung der Deutschen Reichsbahn gebaut, trugen die Lokomotiven zunächst noch die Reihenbezeichnung Pts3/3H und die Betriebsnummern XXXI bis XXXIII, die Reichsbahnnummern lauteten 99 101 bis 99 103. Der Ausmusterungszeitraum lag zwischen 1956 und 1957.

Die C'C'-Garratt-Trambahnlokomotiven der niederländischen Limburg Tramweg Maatschappij

Wohl die ausgefallensten Trambahnlokomotiven lieferte Henschel 1931 an die regelspu-



Dampftrambahnlokomotive
für Turin
aus dem Jahre 1882 von SLM-Winterthur

Dampftrambahnlokomotive
für St. Etienne
mit auf dem Dach
angeordneten Kondensationsröhren,
gebaut 1882 von SLM-Winterthur

rige niederländische Limburg Tramweg Maatschappij, eine erst 1922 eröffnete Neubaustrecke von Bassenge nach Glous. Eigentlich ein Hanomag-Entwurf und auch dort schon in der Fertigung befindlich, übernahm Henschel den Bau nach der Eingliederung der Hanomag. Ausgeführt als Union-Garratt-Typ, wich sie in mancher Hinsicht vom Standard ab. So hatte sie Innenzylinder und im Interesse niedriger Schwerpunktlage zu beiden Seiten des Triebwerkes angeordnete lange, schmale und sehr niedrige Wasserkästen, die wie Schürzen über die Räder griffen. Ein günstiger Nebeneffekt bestand in der ausgezeichneten Streckensicht und der ungestörten Zugänglichkeit zur Rauchkammer, bei Garratts sonst ein Problem. Auf eine Verkleidung von Führerstand und Kessel durch einen Kastenaufbau verzichtete man.

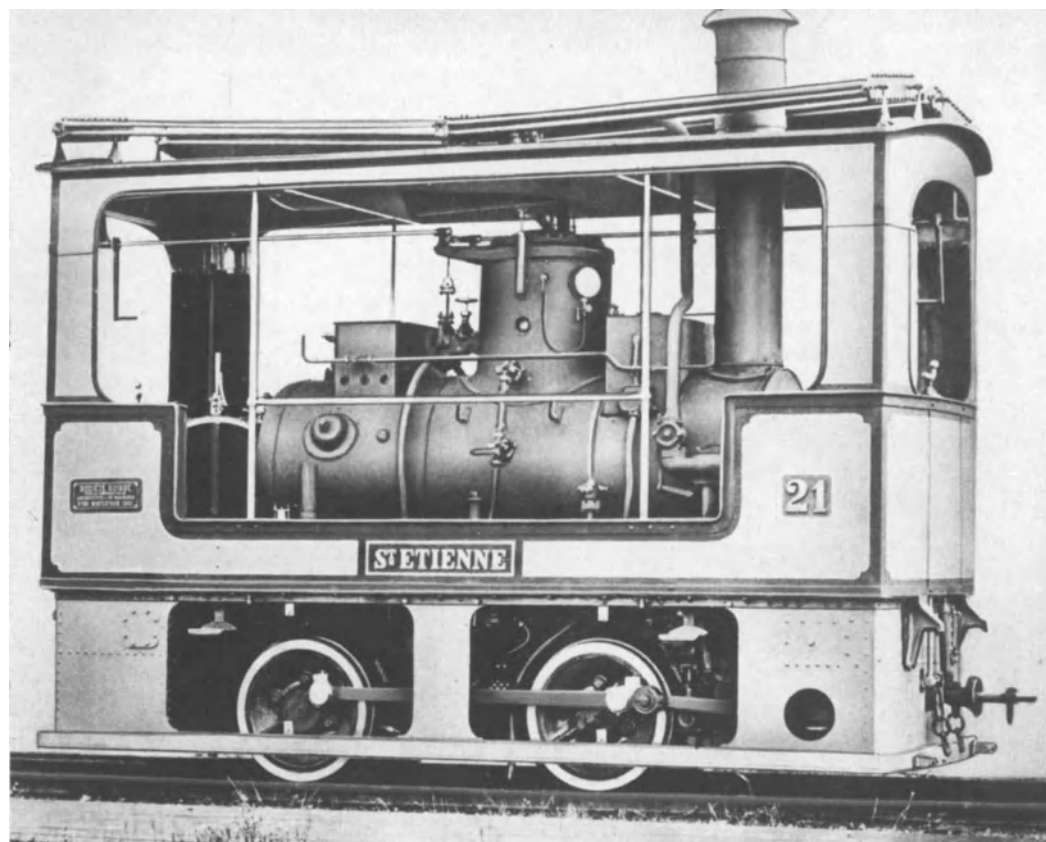
Die technischen Daten wurden wie folgt angegeben: Zylinderdurchmesser 360 mm, Hub 360 mm, Kuppelraddurchmesser 900 mm, Drehgestellachsstand 3,3 m, Gesamtachsstand 14,3 m, Kesseldruck 1,35 MPa (13,5 kp/cm²), Rostfläche 2 m², Heizfläche 86,7 m², Überhitzerfläche 41,8 m², Dienstmasse 71,5 t, Zugkraft 105 kN (10,5 t), Wasservorrat 7 m³, Kohlevorrat 3 t, Höchstgeschwindigkeit 45 km/h.

Nach ihrer Indienstellung als Nummer 51 beförderte sie bis zur Streckenstilllegung im Jahre 1937 Kohlezüge, eine ungewöhnliche Aufgabe für eine Trambahnlokomotive. Im zweiten Weltkrieg gelangte sie nach Deutschland; seitdem gilt sie als verschollen.

Die C'C'-Garratt-Trambahnlokomotiven der belgischen Société National des Chemins de Fer Vicinaux

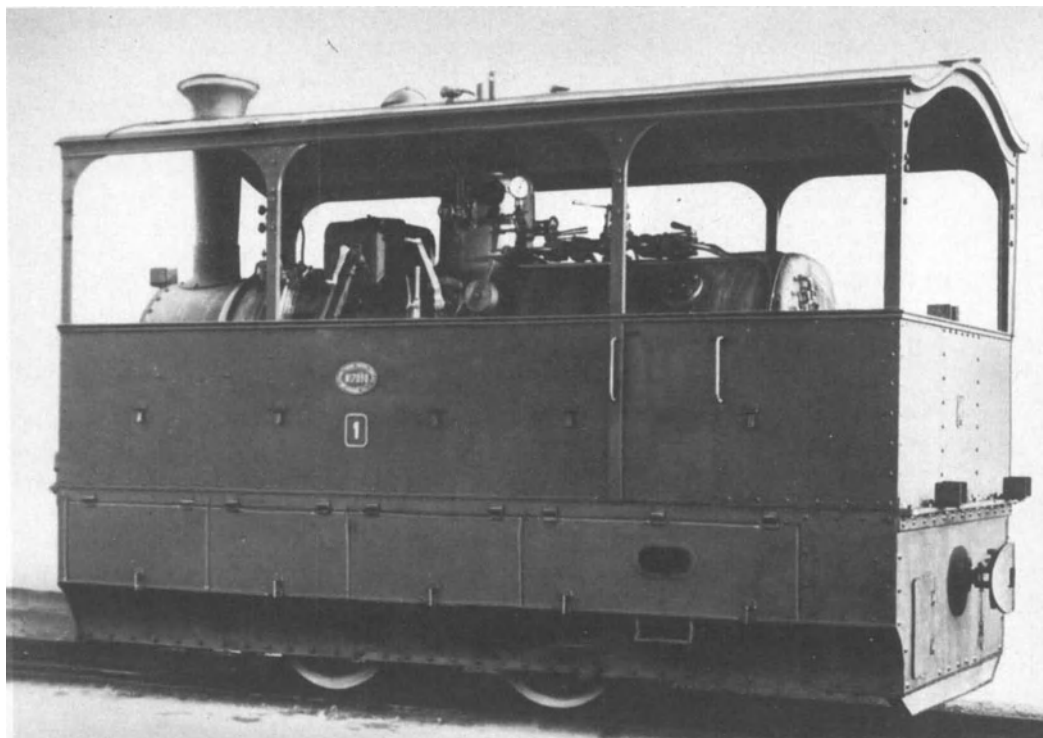
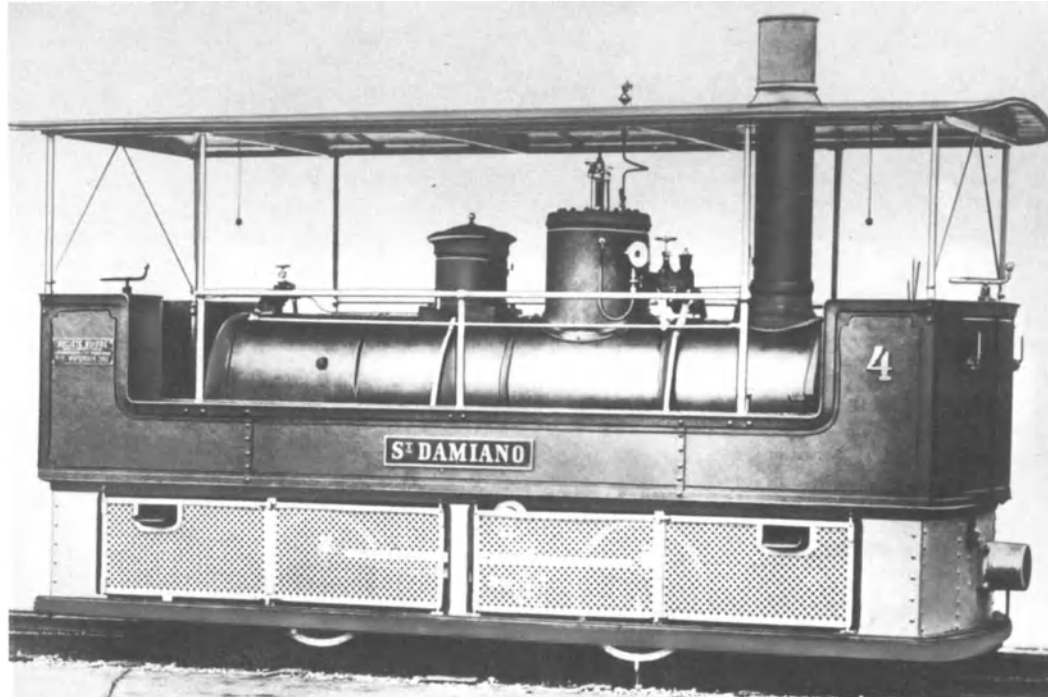
Etwa zur selben Zeit, als die Henschel-Garratt-Trambahnlokomotive entstand, entwickelte St. Leonard aus Belgien für die meter-spurige belgische Société National des Chemins de Fer Vicinaux zwei C'C'-Maschinen, die die einzigen Garratts blieben, die sowohl eine vollständige Triebwerksverkleidung als auch einen Kessel und Führerhaus umschließenden Kastenaufbau hatten.

Somit verdienen sie auf jeden Fall die Nennung der technischen Daten: Zylinderdurchmesser 360 mm, Hub 350 mm, Kuppelrad-



Dampftrambahnlokomotive für Asti,
1882 von SLM-Winterthur gebaut

Dampftrambahnlokomotive
der Forster Stadteisenbahn,
noch 1922 von Krauss
an die durch Forst führende
Meterspurbahn verkauft



durchmesser 900 mm, Kesseldruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 2 m², Heizfläche 83,3 m², Überhitzerfläche 20,3 m², Dienstmasse 60 t, Zugkraft 102 kN (10,2 t).

Als Nummer 850 und 851 verkehrten sie zwischen Vroenhoven und St. Trond sowie zwischen Tongres und Muaseik vor Zügen mit Zuckerrüben, Kohle und Ton. 1953 standen sie als Wrack in Lanacken und dürften inzwischen längst verschrottet sein.

3.9. Inspektionslokomotiven

Große Eisenbahngesellschaften benötigten für die Überwachung ihres Eisenbahnnetzes und der damit verbundenen Hochbauten sowie der Signal- und Sicherungsanlagen Fahrzeuge, die ihren Beamten gute Arbeitsmöglichkeiten boten und Platz für Arbeits- und Hilfsmittel hatten. Neben Dampftriebwagen und lokomotivbespannten Wagen kamen dafür auch sog. Inspektionslokomotiven zur Anwendung.

Sie entsprachen im Grundaufbau normalen Tender- oder Schlepptenderlokomotiven, die einen zusätzlichen Aufenthaltsraum für die Beamten hatten. Bei Tenderlokomotiven konnte er hinter dem Führerhaus auf dem verlängerten Rahmen Platz finden; für Schlepptenderlokomotiven, die sich wegen der größeren Vorräte auch auf ausgedehnten Bereichen freizügig bewegen konnten, kam nur der Platz auf dem Kessel in Frage.

Die 2'B1'-Inspektionslokomotive der Reading Comp.

1895 ließ die in den USA beheimatete Reading Comp. in ihren Bahnwerkstätten eine 2'B1'-Inspektionslokomotive bauen, die ein gutes Beispiel für den zweiten Lokomotivtyp darstellt. Auf einem normalen Laufwerk mit Zwillingstriebwerk ruhte ein sehr niedrig gelagerter Wootten-Kessel, und auf das in Kesselmitte befindliche Umlaufblech war ein geschlossener großer Fahrgastraum aufgebaut, den eine Querwand vom hinteren Führerhaus trennte. Klingeln verbanden beide Räume miteinander; zwei Notbremsen ließen sich zusätzlich von vorn aus bedienen. Zwei Treppen an der Stirnseite ermög-

lichten den Zugang zum Aufenthaltsraum. Ein vierachsiger Tender trug die Vorräte. Folgende technische Daten sind bekannt: Zylinderdurchmesser 457 mm, Hub 610 mm, Kuppelraddurchmesser 1739 mm, Kesseldruck 1,58 MPa (15,8 kp/cm²), Rostfläche 5,9 m², Heizfläche 118,4 m², Dienstmasse 73,3 t, Reibungsmasse 44,3 t, Zugkraft 87,5 kN (8,75 t), Höchstgeschwindigkeit 100 km/h.

Diese Lokomotive konnte dank ihrer beachtlichen Höchstgeschwindigkeit und der verfügbaren Zugkraft aushilfsweise auch für den Dienst vor regulären Zügen verwendet werden.

3.10. Industrielokomotiven

3.10.1. Tagebaulokomotiven

Die Gewinnung von Braunkohle, einem wichtigen Brennstoff und grundlegenden Rohprodukt für die chemische Industrie, erfolgte seit jeher meist im Tagebau. Dabei erwachsen Förderaufgaben nicht nur durch das Herausschaffen der Kohle aus der Grube, sondern in weit höherem Maße durch die Beseitigung des Deckgebirges. Von den üblichen Industrielokomotiven hob sich die Gruppe der Tagebaulokomotiven durch einige spezielle Merkmale ab.

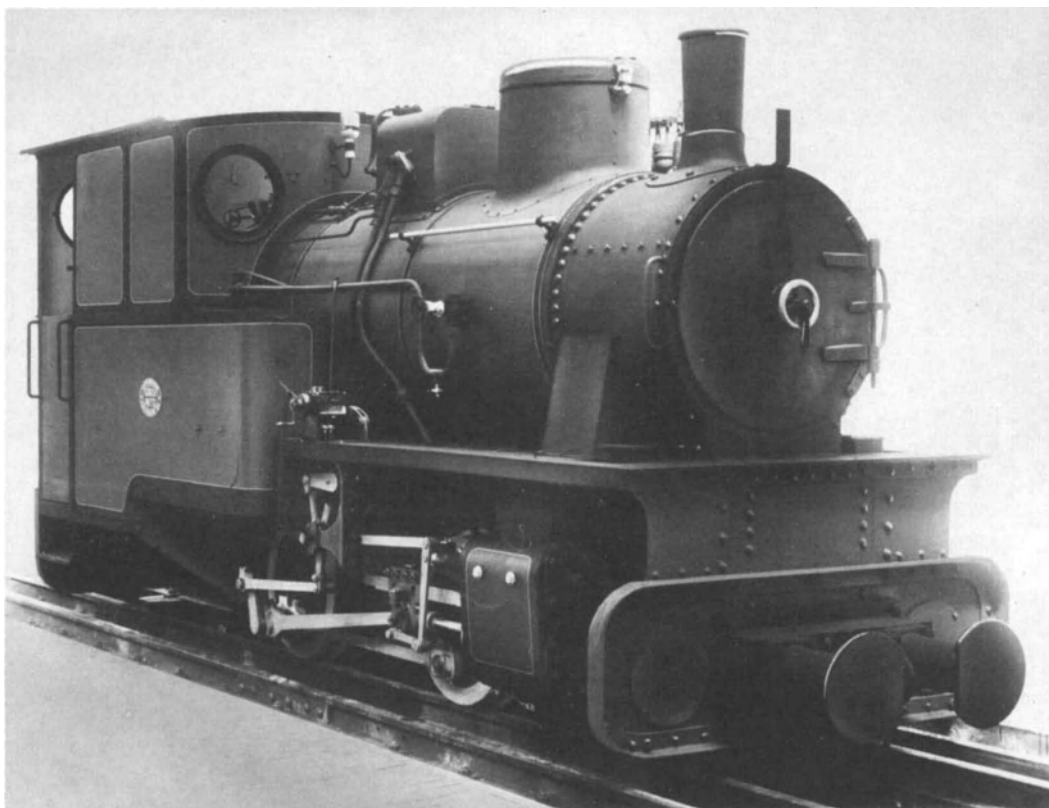
Dies betraf zunächst das in der Höhe auf etwa 2,5 m beschränkte Profil, das so das Unterfahren der Bagger ermöglichte. Die Höhenbeschränkung zwang dazu, die Umgrenzungslinie durch Kessel und Wasserkä-

sten voll auszunutzen, das Führerhaus lag hinter der letzten Kuppelachse knapp über der Schienenoberkante und ragte nur unwesentlich über den Kessel hinaus. Tagebaulokomotiven mußten auch extremen Gleisunebenheiten, bedingt durch den rückbaren Oberbau, ohne Entgleisungen folgen können; wichtig war auch gute Kurvenläufigkeit. Beiden Gesichtspunkten kamen Zweikuppler mit kurzem Achsstand sehr entgegen. Typisch blieb auch die Ausführung als robuste Naßdampflokomotiven. In manchen Fällen führten extreme Rampen auch zum Einsatz von Lokomotiven für einen gemischten Reibungs-Zahnrad-Betrieb.

Tagebaulokomotiven der Regelbauart

Im deutschen Tagebaubetrieb entwickelte sich die Spurweite von 900 mm zur Regelausführung; die Achsfahrmasse blieb auf 15 bis 16 t beschränkt, da die Gleise größtenteils auf frisch aufgeworfenem Boden ohne Bettung lagen. Unter diesen und den einleitend genannten Bedingungen bewährte sich die zweiachsige Tagebaulokomotive, wie schon erwähnt, besonders gut.

Als Beispiele für typische Tagebaulokomotiven der 30er Jahre können die der Firma Henschel gelten. Die zwei Außenzylinder von 410 mm Durchmesser und 400 mm Hub waren im Verhältnis zur Reibungsmasse überreichlich bemessen, um auch bei Erschöpfung des Kessels und sinkendem Dampfdruck noch die erforderliche Zugkraft an der Reibungsgrenze sicherzustellen; sie wirkten auf nur 800 mm große, 1,8 m voneinander entfernt angeordnete Kuppelräder. Der Kessel für 1,4 MPa (14 kp/cm²) Dampfdruck fiel recht schlank aus, der Stehkessel mit dem 1,5 m² großen Rost konnte noch teilweise über der zweiten Kuppelachse ruhen; seine Heizfläche entsprach mit 55,8 m² den Anforderungen. Bei einer Länge über Kupplung von 8,24 m entstanden vorn und hinten sehr große Überhänge, die sich nicht umgehen ließen, wollte man genügend Heizfläche unterbringen. Bei 28 t Dienstmasse ließ sich eine Zugkraft von 88 kN (8,8 t) realisieren; der Wasservorrat belief sich auf 2,5 m³, der Kohlevorrat auf 1,2 t. Mit einer Leistung von 184 kW (250 PS) bis 221 kW (300 PS) gelangte der zweiachsige Tagebautyp auch an seine bauliche Leistungsgrenze.



Mit der Einführung vierachsiger Großraumwagen erwiesen sich stärkere Lokomotiven als notwendig. Die daraufhin entstehenden Dreikuppler konnten jedoch nicht befriedigen. Die hinter den Kuppelrädern überhängende Feuerbüchse mit kurzem, aber sehr breitem Rost, die beengte Bauart des Führerhauses und der noch weiter vergrößerte Überhang zusammen mit der verschlechterten Kurvenläufigkeit standen einer weitergehenden Verbreitung entgegen.

Die B'B'-Tagebaulokomotiven der Grube Phönix

Als die Phönix A. G. für Braunkohleverwertung für den Tagebau Mumsdorf in Thüringen Lokomotiven von 331 kW (450 PS) Leistung beschaffen wollte, zugleich aber auf elektrischen Betrieb keinen Wert legte, schlug Henschel neuartige B'B'-Gelenklokomotiven vor, die Leistungsfähigkeit mit gutem Bogenlauf verbanden.

Auf zwei Innenrahmen-Triebgestellen mit je zwei an den äußeren Enden angebrachten Zylindern von 330 mm Durchmesser bei 430 mm Hub und Kuppelrädern von 800 mm Durchmesser bei 1,85 m Achsstand lagerte der im mittleren Bereich unter dem Führerstand tief durchgekröpfte Hauptrahmen, der den Kessel, das Führerhaus, die seitlichen Wasserkästen sowie den Kohlebehälter und einen dahinter angeordneten zweiten Wasserbehälter trug. Der für 1,4 MPa (14 kp/cm²) Druck ausgelegte Kessel hatte eine Stahlfeuerbüchse mit 2,3 m² großem Rost; der Aschkasten konnte dank dem besonderen Gesamtaufbau sehr geräumig ausfallen.

Die Heizfläche betrug 100,7 m²; ein Dampftrockner mit einer Fläche von 9,5 m² verhinderte den Dampfniederschlag in den langen Rohrleitungen. Mit einer Länge von 14,282 m über Kupplung bei nur 2,65 m Höhe und 10,1 m Gesamtachsstand fielen die Maschinen sehr langgestreckt aus; die Dienstmasse kam auf 58,8 t, ausreichend für eine Zugkraft von 121 kN (12,1 t). Die Vorratsbehälter faßten 6,8 m³ Wasser und 2,5 t Kohle.

Die drei 1939 gelieferten Exemplare legten täglich etwa 180 km zurück; dabei konnten sie auf einer 0,8%igen Steigung zwölf vierachsige Großraumwagen mit einer Gesamtzugmasse von 490 t befördern. Auf einer kurzen 2,2%igen Steilrampe half einer der üblichen Zweikuppler nach. Leistungsmäßig befriedigten sie vollkommen, das Personal schätzte den ruhigen Lauf und die bequeme Bedienung.

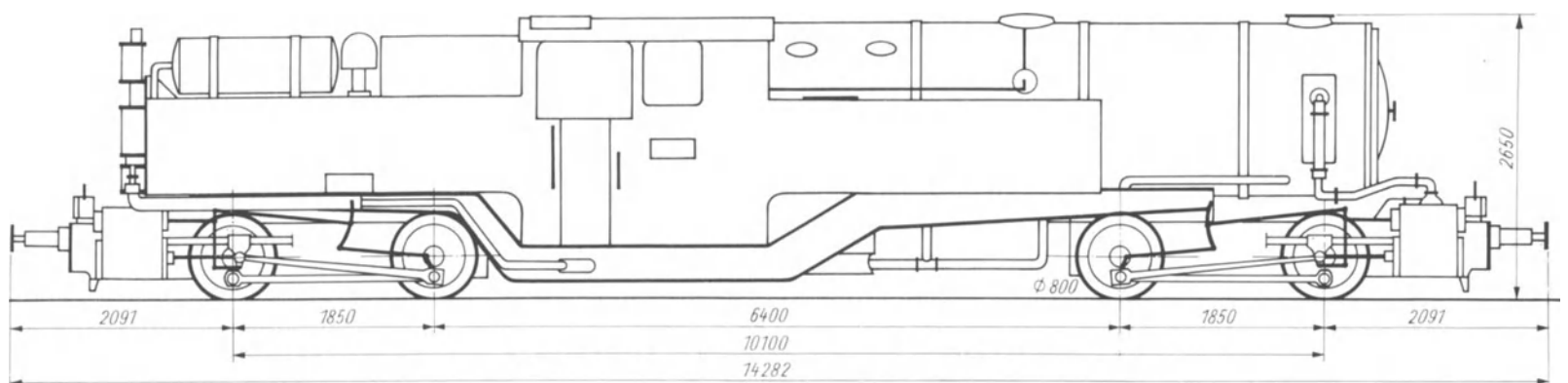
3.10.2. Kranlokomotiven

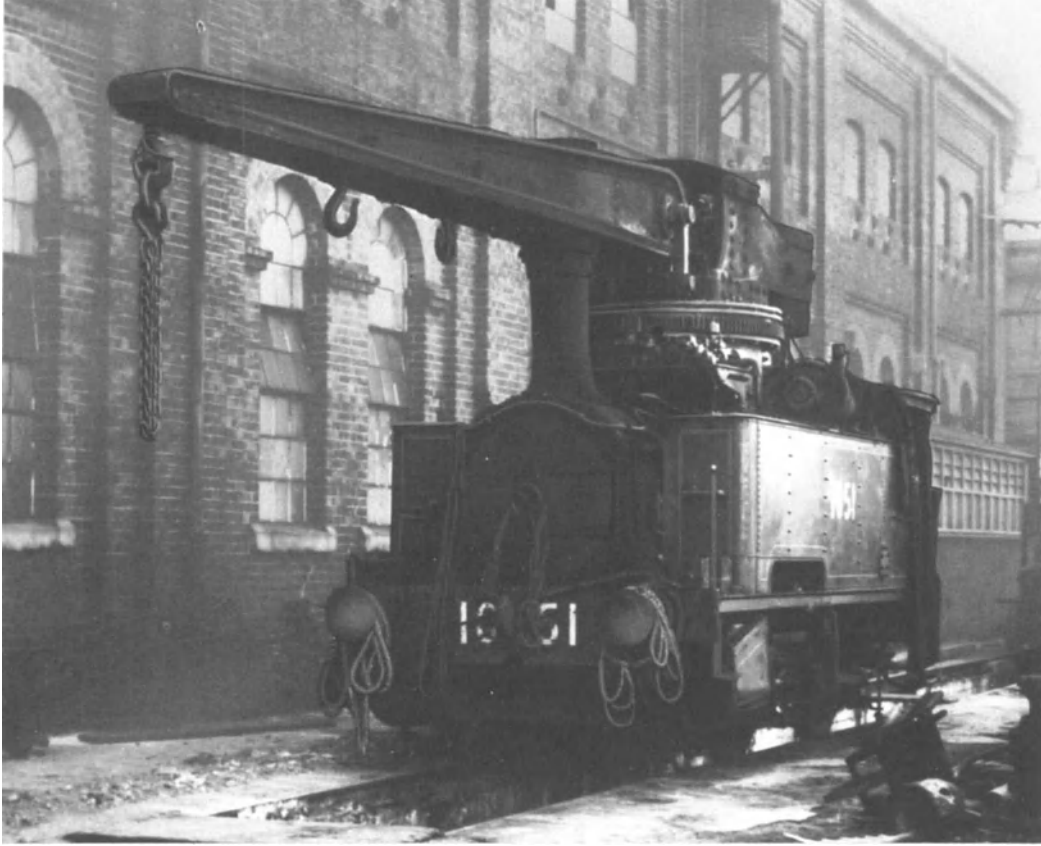
Kranlokomotiven stellten eine Verbindung von Dampflokomotive und Kran dar. Die Schwierigkeit beim Entwurf solcher Fahrzeuge lag weniger in der Kombination beider Elemente, als vielmehr in der Beschränkung des verfügbaren Raumes. Das verlangte eine sorgfältige Abstimmung der einzelnen Komponenten und bedingte eine sehr kompakte Maschinenanlage.

Kranlokomotiven existierten in vielerlei Varianten. Die bevorzugte Bauform hatte einen in Lokmitte über dem Kessel angeordneten

Kran, der es ermöglichte, mit dem Kranhaken alle Flächen rings um die Maschine zu bestreichen. Durch die mittig auf das Fahrwerk einwirkenden Kräfte befriedigte auch das Standverhalten, und die Belastbarkeit des Kranhakens war entsprechend hoch. Der Kran selbst ruhte auf einem den Kessel umfassenden Brückenträger, der die Kranmasse unmittelbar auf den Fahrwerksrahmen übertrug und so den Kessel von zusätzlichen Belastungen frei hielt. Bei dieser Bauform lag der Wasserkasten, bedingt durch den Brückenträger, in aller Regel innerhalb des Rahmens und unterhalb des Kessels. Es existierten auch Ausführungen, bei denen der Kran auf dem Schornsteinaufsatz, auf dem Führerhaus oder auf einer Rahmenverlängerung hinter dem Führerhaus Platz fand. Je nach der gegebenen Profilverteilung variierten die Auslegerhöhen stark; neben starren verwendete man gelegentlich auch höhenverstellbare.

Kranlokomotiven der frühen Baujahre verwendeten für den Antrieb der Seil- bzw. Kettentrommel noch Zweizylinderdampfmaschinen ohne Umsteuerung, wobei das Ablassen der Last durch eine Handbremse erfolgte; vielfach mußte der Kran auch manuell geschwenkt werden. Später mechanisierte man alle Bewegungen durch voneinander unabhängige umsteuerbare Dampfmaschinen, was aber Aufbau und Bedienung sehr komplizierte. Als letzte Entwicklungsstufe setzten sich dann in den 20er Jahren solche Kranlokomotiven durch, bei denen für das Hub- und Schwenkwerk nur noch eine Maschine vorhanden war.





Manchmal verzichtete man auch auf eine Seil- oder Kettentrommel und befestigte den Kranhaken direkt an einem höhenverstellbaren Ausleger, den ein vertikaler Dampfzylinder bewegte. Neben Dampfmaschinen fanden in Ausnahmefällen für das Hub- und Schwenkwerk auch Druckluft- oder Hydraulikanlagen Verwendung. Dabei erzeugten dampfbetriebene Pumpen den nötigen Druck. Der Vorteil dieser Variante lag in den kleinen Abmessungen der Maschinenanlage und in der einfachen Bedienung; das Blockieren der Federn erfolgte automatisch beim Einschalten der Dampfmaschine. Bei üblichen Kranlokomotiven geschah dies durch handbetriebene Vorrichtungen oder durch kleine Dampfzylinder. Gegebenenfalls griffen auch an Ketten befestigte Greifzangen in die Schienenköpfe ein und boten so eine zusätzliche Sicherheit gegen das Umkippen.

Für den Umgang mit Wagen und Loren verschiedener Spurweiten bei mehrspurigen Gleisen hatten manche Kranlokomotiven auch noch verschiedene Pufferanordnungen und Kupplungen.

Kranlokomotiven fanden überwiegend in Industriebetrieben Verwendung; ihre Einführung erwies sich dort als besonders effektiv, da sie billiger kamen als eine Vielzahl ortsfester Krananlagen und zudem als Rangierlokomotiven dienen konnten. Gemäß dieser Verwendung hatten solche Exemplare kleine Kuppelräder; für die, die bei den Eisenbahngesellschaften als Hilfslokomotiven bei Havarien dienten, fielen die Kuppelräder größer aus, um schnell zur Unfallstelle fahren zu können. Stets blieben aber durch die art-eigene Kompromißlösung ihre Leistungsfähigkeit und die Hubhöhe beschränkt. Obwohl viele bekannte Lokomotivfabriken in aller Welt Kranlokomotiven anboten, blieben

die Stückzahlen eines Typs stets sehr klein. Kranlokomotiven paßte man ganz individuell an die jeweiligen Betriebsaufgaben an; Vereinheitlichungen waren so gut wie unbekannt und ließen sich durch die geringen Stückzahlen auch nicht rechtfertigen.

Heute sind Kranlokomotiven kaum noch anzutreffen; der Traktionswandel und das Aufkommen des Autokrans machten sie in vielen Fällen entbehrlich.

Die britischen Kranlokomotiven

Sehr wahrscheinlich war Großbritannien das Ursprungsland der Kranlokomotive. Im Laufe der Zeit wurde dort eine Vielzahl originaler Typen gebaut.

Die erste Kranlokomotive Großbritanniens entstand 1866 durch Umbau einer 1851 gebauten 1B-Schleppenderlokomotive der North Western Railway. Sie erhielt in den Crewe-Bahnwerkstätten einen neuen Kessel, seitliche Wasserbehälter und den Kran. Bekannt sind der Zylinderdurchmesser von 381 mm, der Hub von 508 mm, der Kuppelraddurchmesser von 1524 mm, der Achsstand von 3,86 m, der Kesseldruck von 0,84 MPa (8,4 kp/cm²), die Rostfläche von 1 m² und die Heizfläche von 70,5 m². Sie lief bis 1892 als Nummer 273 „Hope“ und fand 1873 mit der 131 „Kingfisher“ und der 308 „Booth“ zwei Nachfolger.

1888 entwickelte *William Cross*, ein Angestellter der Firma R. & W. Hawthorn, Leslie & Co. aus Newcastle, für die Palmers Shipbuilding & Iron Comp. aus Jarrow eine ungewöhnliche hydraulische Kranlokomotive. Sie wurde als 1A1-Typ mit Außenrahmen und Innenzylindern ausgeführt, wobei sich deren Durchmesser auf 356 mm bei 457 mm Hub belief; die kräftigen seitlichen Wasserkästen trugen den mittig angeordneten Kran mit starrem Ausleger. Zwei rechts vor den Wasserkästen liegende Dampfzylinder trieben die Druckwasserpumpe; ein innerhalb des Kranes schräg angeordneter Hydraulikzylinder übernahm über eine Umlenkrolle das Heben und Senken des Kranhakens. Zwei seitlich auf den Wasserkästen angeordnete Hydraulikzylinder ermöglichten Schwenkbewegungen. Als höchste Kranbelastbarkeit gab der Hersteller 10 t an.

Derselbe Produzent führte auch Kranlokomotiven aus, die über keine Seil- oder Ket-

tentrommel verfügten. Vielmehr saß der Kranhaken direkt am Ausleger, der sich über einen vor der Schwenkachse fixierten Drehpunkt vertikal bewegen ließ. Ein genau in der Schwenkachse eingebauter senkrechter Dampfzylinder besorgte das Heben und Senken des Auslegers. Dabei stand die Zylinderoberseite stets unter Kesseldruck; durch ein Ventil ließ sich der Dampfdruck auf der Zylinderunterseite steuern. War der Druck auf beiden Seiten gleich groß, wurde der Ausleger durch seine Masse nach unten gezogen. blieb die Zylinderunterseite dagegen drucklos, sorgte der Dampfdruck auf der Oberseite für das Heben der Last. Eine kleine liegende Zweizylinderdampfmaschine wirkte auf das Schwenkwerk.

Zwischen 1880 und 1940 lieferte Hawthorn verschiedene derartige zwei- und dreiachsige Kranlokomotiven, wobei die technischen Daten und die Ausführung sehr variierten.

Bei der britischen Great Western R.W. Comp. standen ab 1901 zwei in den Bahnwerkstätten in Swindon entstandene, in mehrfacher Hinsicht bemerkenswerte Kranlokomotiven im Einsatz. Der Hauptrahmen war hier hinter dem Führerhaus so sehr verlängert, daß darunter ein zweiachsiges Drehgestell und darüber der maximal 9 t hebende Kran Platz fanden. Dieser verfügte über einen höhenverstellbaren Ausleger und eine sich mitdrehende Bedienungsplattform. Eine hohe Belastbarkeit wurde durch eine Feststellvorrichtung für die Drehgestellachslager, durch ein Krangengewicht und durch ausfahrbare Stützen ermöglicht. Der Gesamtaufbau als C2'-Seitentankmaschine mit großen Vorratsbehältern, relativ großen Kuppelrädern und langem Achsstand kennzeichnete diese Kranlokomotiven als typische Hilfszugmaschinen.

Man beachte dazu auch die folgenden technischen Daten: Zylinderdurchmesser 406 mm, Hub 610 mm, Kuppelraddurchmesser 1257 mm, Kuppelradachsstand 4,166 m, Gesamtachsstand 7,976 m, Kesseldruck 1,05 MPa (10,5 kp/cm²), Rostfläche 1,2 m², Heizfläche 101,1 m², Länge über Puffer 11,929 m, Dienstmasse 64,6 t, Reibungsmasse 56,7 t, Zugkraft 79 kN (7,9 t), Wasservorrat 4,73 m³, Höchstgeschwindigkeit 50 km/h.

Noch 1921 folgte den beiden als Nummer 17 „Cyclops“ und Nummer 18 „Steropes“ eingereihten Maschinen ein drittes Exemplar mit der Betriebsnummer 16 und dem Namen „Hercules“. Dieses hatte anstelle des Rundkessels einen Belpaire-Kessel, 1,16 MPa (11,6 kp/cm²) Kesseldruck, 1,03 m² Rost- und 91,2 m² Heizfläche; der Wasservorrat sank geringfügig auf 4,54 m³ ab. Die drei Einheiten dienten bei den Bahnwerkstätten von Wolverhampton und Swindon; die Ausmusterung erfolgte 1936, die Verschrottung ein Jahr später.

Kranlokomotiven in Amerika

Neben dem heimischen Markt belieferte die britische Industrie in großem Umfang auch das Ausland. Das traf auch auf Kranlokomotiven zu, die in viele Teile der Welt gingen.

Eine 1909 von Andrew Barclay, Sons & Co. aus Kilmarnock für die kanadische Nova Scotia Steel & Coal Co. gebaute regelspurige Kranlokomotive zählte dabei zu den größten ihrer Art. Im Gegensatz zu den meisten anderen Kranlokomotiven besaß sie die Achsfolge D, wies aber sonst im Lokomotivteil keine Besonderheiten auf. Sie arbeitete mit Zwillingswirkung; die Dampfverteilung erfolgte durch eine Walschaert-Steuerung und Flachschieber; Kessel und Feuerbüchse bestanden aus Stahl. Der Kran ruhte auf einem Bock mittig über dem Kessel; trotzdem fanden aber noch seitliche Wasserkästen Platz. Der starre Kranausleger erhielt seinen Antrieb durch zwei getrennte Zwillingsdampfmaschinen; seine Ausladung betrug 4,88 m, und die größte Hubmasse belief sich auf 8 t.

Die technischen Daten waren weiter: Zylinderdurchmesser 432 mm, Hub 559 mm, Kuppelraddurchmesser 1041 mm, Achsstand 3,658 m, Kesseldruck 1,4 MPa (14 kp/cm²), Rostfläche 1,3 m², Heizfläche 81,75 m², Länge über Puffer 7,39 m, Dienstmasse 66,04 t, Zugkraft 84,5 kN (8,45 t), Wasservorrat 3,4 m³, Kohlevorrat 2 t.

Auch deutsche Firmen beteiligten sich am Export von Kranlokomotiven. Allerdings fanden sie keine weite Verbreitung, und es fällt schwer, hier originelle Konstruktionen anzuführen.

Zu diesen ist vielleicht eine kleine C-Maschine von Borsig, gebaut um die Jahrhun-

dertwende, zu rechnen, die mit 750 mm Spurweite und 10 t Dienstmasse zu den kleinsten ihrer Art zählte und die zudem neben den seitlichen kurzen Wasserbehältern einen Zusatztender hatte. Der Kran ruhte wie üblich auf einem Bock über dem Kessel und konnte handbetrieben 1,5 t heben. Wegen der geringen Spurweite mußte ein Gegengewicht vorgesehen werden, der Einsatz auf einer Waldbahn in Argentinien bedingte Holzfeuerung.

3.10.3.

Industrielokomotiven in Normalausführung

Neben den bisher besprochenen Industrielokomotiven in Sonderausführung existierte auch eine Unzahl für eher als normal anzusprechende Dienste. Unter ihnen waren von den kleinen B- bis zu den großen 1'E1'-Typen alle Achsfolgen zu finden, meist als Tender-, aber in Ausnahmefällen auch als Schleppentenderlokomotiven.

Überwiegend bevorzugten die Industriebetriebe Naßdampfmaschinen; die geringere Wirtschaftlichkeit nahmen sie im Tausch gegen Robustheit, anspruchslose Wartung und einfache Bedienung gern in Kauf.

Neben den eigentlichen Aufgabenbereichen mußten Industrielokomotiven in Notzeiten auch für zweckentfremdete Dienste herhalten, so als Feldbahnlokomotiven in beiden Weltkriegen, als Straßenbahnlokomotiven nach der Zerstörung der Oberleitungen in etlichen Städten gegen Ende des zweiten Weltkrieges und als Zugmittel vieler Trümmerbahnen. Erfreulich dagegen war ihr Einsatz beim Wiederaufbau und den vielen folgenden Baumaßnahmen.

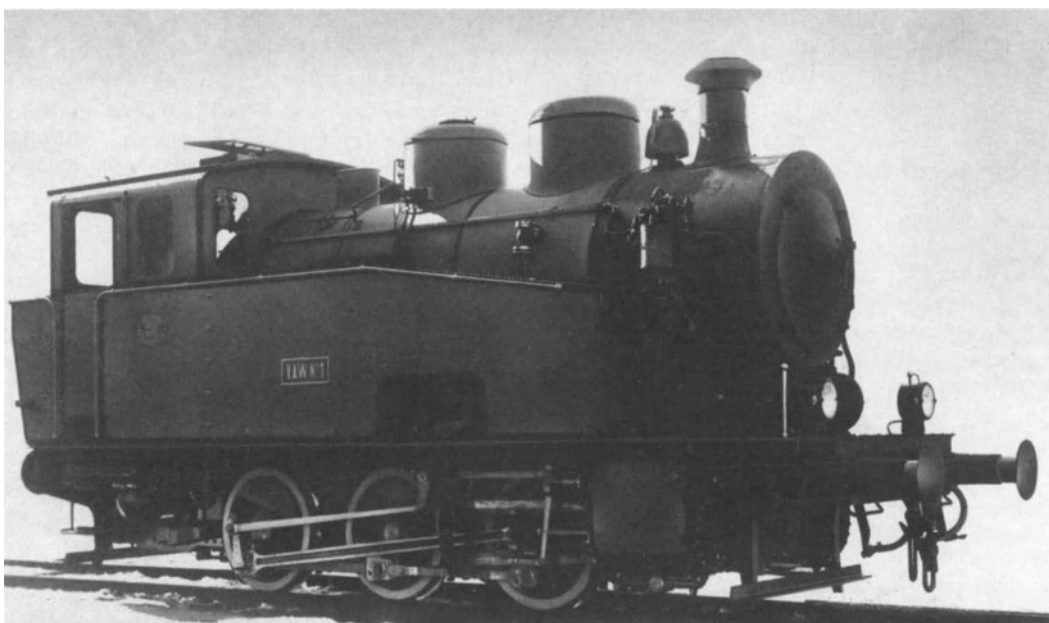
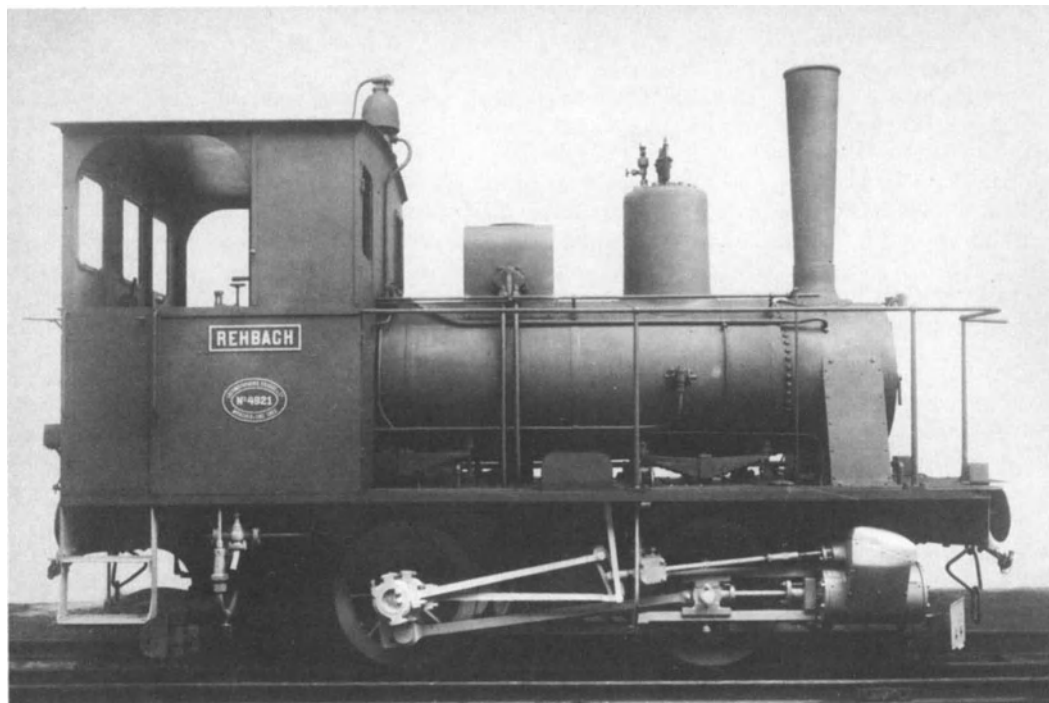
Industrielokomotiven in Deutschland

Wie auch in anderen Ländern dominierte in Deutschland der einfache Zwei- oder Dreikuppler, dessen Mängel bei den geringen gefahrenen Geschwindigkeiten nicht ins Gewicht fielen. Sowohl für Regel- als auch für Schmalspur behaupteten sie bis zum Ende der Dampftraktion das Feld.

Typisch war der Einsatz ausgemusterter Länder- und Staatsbahnlokomotiven; maßgebend für ihre Anschaffung blieb ihr niedriger Preis. Unter diesen Maschinen fanden sich

Krauss-Naßdampf-Industrielokomotive
aus dem Jahre 1903

Krauss-Industrielokomotive
der Vereinigten Aluminiumwerke
aus dem Jahre 1938



auch Schlepptenderausführungen, eine für Industriebahnen eher ungeeignete Variante. Solche Typen wie die preußische T3 waren dagegen für die Industrie geradezu prädestiniert.

Große Industrieunternehmen mit entsprechender Kapitalkraft bevorzugten aber speziell für ihre Bedürfnisse zugeschnittene Neubauten, die den höheren Anschaffungspreis auf Dauer durch die bessere Wirtschaftlichkeit wettmachten. Hier ergab sich ein dankbares und gern genutztes Betätigungsfeld für die Lokomotivhersteller, von denen viele nicht nur nach Bestellung arbeiteten, sondern ein ganzes Baukastenprogramm bereithielten.

Die 1'E1'-Lokomotiven der Preußischen Bergwerks- und Hütten A. G.

Die schwersten und stärksten Industrielokomotiven, zugleich die mächtigsten Tenderlokomotiven Europas, liefen ab 1936 bei der Preußischen Bergwerks- und Hütten A. G. in Oberschlesien. Dort bestand im Steinkohlebergbau der Bedarf, abgebaute Flöze durch ein Gemisch von Sand und Wasser auszufüllen, ein sehr ökonomisches Verfahren, das aber das billige Heranschaffen großer Sandmengen über 15 bis 25 km Entfernung bedingte. Für diesen Dienst bestellte die Bergwerksgesellschaft bei Borsig und Schwartzkopff je eine regelspurige 1'E1'-Tenderlokomotive, die 1500-t-Züge auf 1 % Steigung mit 25 bis 30 km/h und in der Ebene mit 55 km/h befördern sollte. Beide Hersteller sollten bei der Konstruktion untereinander und mit dem Reichsbahnzentralamt kooperieren.

Borsig schien für den Auftrag besonders geeignet, verfügte die Firma doch über eine fast 20jährige Erfahrung im Bau derartiger Lokomotiven. Schon 1913 hatte sie kräftige 1'E-Tenderlokomotiven für die Gewerkschaft Altenberg in Gleiwitz geliefert, gefolgt von den bekannten 1'E1'-Tenderlokomotiven der Halberstadt-Blankenburg-Eisenbahn aus dem Jahre 1920, dem preußischen 1'E1'-Typ T20 aus dem Jahre 1923 und den 1'E1'-Tenderlokomotiven für die Sandbahngesellschaft Peiskretscham, Baujahr 1935.

Entsprechend den Vorläufermustern behielt Borsig auch hier ein Zwillingstriebwerk von

700 mm Zylinderdurchmesser bei 660 mm Hub bei; um die gewünschte Zugkraft von 280 kN (28 t) zu erreichen, mußte der Kuppelraddurchmesser auf 1300 mm beschränkt bleiben, ein Maß, das für die Höchstgeschwindigkeit von 55 km/h noch mäßige Kolbengeschwindigkeiten und guten Massenausgleich erlaubte. Ein ungewöhnlich kräftiger Barrenrahmen mit gegossener Zylinderverbindung bildete die Grundlage des zur Einhaltung der Metertonnenmasse recht gestreckt ausgeführten Fahrwerkes. 11,55 m Achsstand kamen der Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit der verschiedenen Baugruppen sehr zugute, zugleich ermöglichten die beiden Krauss-Helmholtz-Gestelle aber trotzdem guten Bogenlauf. Der Regelkessel für 1,6 MPa (16 kp/cm²) Druck enthielt einen 5,38 m² großen Rost, für deutsche Verhältnisse ein beachtliches Maß, 247,1 m² Verdampfungs- und 93,95 m² Überhitzerfläche. Bei 15,34 m Länge über Kupplung, die Bahn benutzte Mittelpufferkupplungen nach amerikanischem Vorbild, betrug die Dienstmasse 139,4 t und die Reibungsmasse 115,4 t; die Achsfahrmasse überschritt somit die 23-t-Grenze geringfügig. Die zulässige hohe Achsfahrmasse erwies sich auch für die Unterbringung der Vorräte als günstig; der Wassertank von 17 m³ Inhalt gestattete eine Hin- und Rückfahrt ohne Nachfassen, der Kohlebunker nahm 4,5 t auf. Die Schwarzkopff-Lok wies nur geringe Abweichungen der Hauptdaten auf.

Industrielokomotiven in Großbritannien und Irland

Abschließend sei noch ein Blick über die Grenzen gestattet, wobei Großbritannien und Irland stellvertretend für viele andere Länder stehen sollen.

Neben den auch in Deutschland gebräuchlichen Bauarten wurden dort vielfach Maschinen mit stehendem Kessel verwendet, meist in überaus spartanischer, aber robuster Ausführung. Sehr beliebt waren auch Satteltanklokomotiven, bei denen der Wasserkasten den Kessel sattelförmig umschlang, eine in Deutschland fast unbekannte Bauform.

Die Aveling & Porter-Lokomotiven

Eine typisch britische Sonderkonstruktion waren die Aveling & Porter-Industrielokomotiven. Sie konnten ihre Anlehnung an die in der Landwirtschaft und im Straßenbau üblichen Lokomobile nicht verleugnen. Auf dem Kessel befand sich eine liegende Zweizylinder-Verbunddampfmaschine, die auf ein großes Schwungrad arbeitete; die weitere Kraftübertragung übernahmen Ketten. Auffällig waren die großen Räder, der kurze Achsstand mit erheblichem Überhang an beiden Seiten und das schmale Führerhaus.

Die Lokomotiven der irländischen Guinness Rw.

Auffällige Lokomotiven benutzte auch die Guinness-Brauerei aus Dublin in Irland, die über ein ausgedehntes Schmalspurnetz mit 559 mm Spurweite verfügte. Die erste 1875 eingestellte Tenderlokomotive wich noch nicht vom Herkömmlichen ab; sie konnte wegen der niedrigen Bauhöhe und der kleinen Kuppelräder, die dazu führten, daß die Steuerungsteile sehr schnell verschmutzten, nicht befriedigen. Man versuchte es dann mit zwei Maschinen analog der Lokomobilausführung und nochmals mit zwei normalen B-Tenderlokomotiven.

Zwischen 1882 und 1921 lieferte Avonside schließlich nach den Entwürfen des Chefingenieurs der Guinness Rw., *Samuel Geoghegan*, recht unkonventionelle B-Tendereinheiten. Als Entwicklungsziel galt es, die Steuerungsteile aus dem schienenannahen Bereich zu nehmen, ferner verlangte man große Leistungsfähigkeit, gedrungene Bauart und widerstandsfähige Ausführung. Geoghegan verlegte deshalb die beiden Zylinder auf den Kessel; über eine ebenfalls dort gelagerte Kurbelwelle erfolgte die Kraftübertragung durch senkrechte Treibstangen auf die zweite Achse.

Bekannt sind folgende technische Daten: Zylinderdurchmesser 178 mm, Hub 216 mm, Kuppelraddurchmesser 559 mm, Achsstand 914 mm, Kesseldruck 1,27 MPa (12,7 kp/cm²), Rostfläche 0,3 m², Heizfläche 8,1 m², Länge über Puffer 3,35 m, Dienstmasse 7,9 t, Zugkraft 21 kN (2,1 t), Wasservorrat 0,4 m³, Kohlevorrat 0,2 t.

Die insgesamt 19 Maschinen bewährten sich im Betrieb gut und zogen in der Ebene 75-t-

Züge; außer einer überstanden alle den zweiten Weltkrieg, die letzte schied erst 1957 aus.

3.10.4. Dampfspeicherlokomotiven

Die Dampfspeicherlokomotive unterschied sich grundsätzlich von allen anderen Dampflokomotiven, erzeugte sie doch den Dampf nicht selbst, sondern nutzte die Fähigkeit des Wassers, Wärme unter Druck zu speichern. Damit blieb sie an ganz spezielle Einsatzbedingungen gebunden, ihre Verwendung beschränkte sich auf Industriebetriebe, die wegen großer Brandgefahr den Betrieb normaler Lokomotiven nicht gestatteten. Lediglich in der Zeit nach dem zweiten Weltkrieg wurden Dampfspeicherlokomotiven gelegentlich im Berufsverkehr eingesetzt.

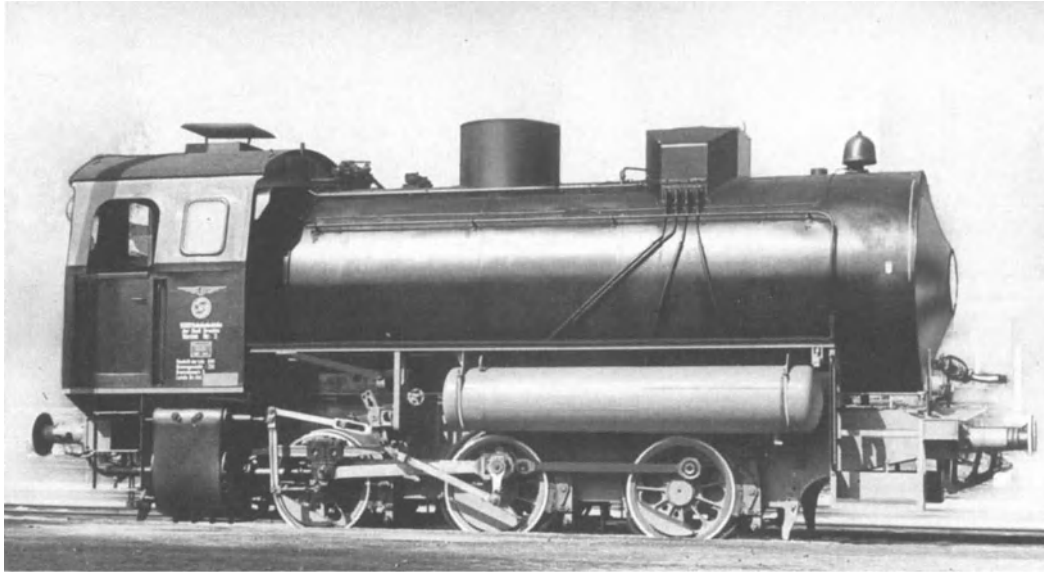
Dank ihrer robusten Konstruktion, ihrer einfachen Handhabung und ihrer guten Wirtschaftlichkeit überlebten sie vielfach rostgefeuerte Lokomotiven; eine erhebliche Anzahl dürfte noch heute in Dienst stehen. Es gibt im Zeichen der Verknappung der flüssigen Energieträger sogar Bestrebungen, diese Bauart erneut aufleben zu lassen; ab 1983 hat das RAW Meiningen den Bau derartiger Lokomotiven aufgenommen.

Bauarten von Dampfspeicherlokomotiven

Man unterscheidet entsprechend dem Speicherdruck zwei Bauarten. Das Arbeitsprinzip der Niederdruck-Dampfspeicherlokomotive ist besonders einfach. Es beruht darauf, daß der Siedepunkt des Wassers mit steigendem Dampfdruck über 100 °C hinaufgeht. Dabei wird eine beträchtliche Wärmemenge vom im Speicher befindlichen Wasser aufgenommen. Sinkt der Dampfdruck durch den beim Fahren auftretenden Dampfverbrauch, so verdampft Wasser ohne weitere Wärmezufuhr, da die Siedetemperatur des Wassers mit fallendem Druck niedriger liegt. Dabei wird dem Wasser Wärme entnommen, und die Dampferzeugung hört auf, wenn die Wassertemperatur infolge des Wärmeentzugs so weit absinkt, daß sie bei weiterer Verdampfung die Siedetemperatur des Wassers bei dem im Speicher herrschenden Druck unterschreiten würde. Beim Ladevorgang leitet man von der statio-

Niederdruck-Dampfspeicherlokomotive
der Lokomotivfabrik Babelsberg,
die als Werklok Nr. 2 zum Bestand
der Verkehrsbetriebe der Stadt Dresden zählte

Krauss-Maffei-
Hochdruck-Dampfspeicherlokomotive
für die Dr. Alexander Wacker Chemiewerke
in Burghausen aus dem Jahre 1951



nären Dampferzeugungsanlage Dampf in den zu etwa 75 % mit heißem Wasser gefüllten Speicher ein. Nach einiger Zeit hat sich das Wasser so weit erhitzt, daß es die Siedetemperatur entsprechend dem Druck des eingeleiteten Dampfes erreicht; zu diesem Zeitpunkt wird die Zufuhr von Dampf unterbrochen.

Niederdruck-Dampfspeicherlokomotiven können noch bei einem Speicherdruck von 0,15 MPa (1,5 kp/cm²) ohne Anhängelast zur Füllstelle zurückkehren. Zur Erleichterung des Anfahrens bei niedrigen Drücken haben sie häufig Anfahrbehälter, die mit hochgespanntem Dampf gefüllt sind. Der Speicherinhalt gewährleistet je nach Größe und zu leistender Arbeit einen mehrstündigen Betrieb. In Betriebspausen sinkt durch Wärmeabgabe an die Umgebung der Druck langsam ab.



Wichtig ist deshalb eine gute Wärmissolierung des Dampfspeichers, z. B. durch einen doppelten Blechmantel, wobei die so entstehenden Zwischenräume noch zusätzlich mit einem wärmeisolierenden Material ausgefüllt werden können. Das Füllen dauert je nach Größe 10 bis 20 min. Die Speicher sind mit Schwall- und Führungsblechen versehen; letztere dienen der Wasserumwälzung beim Ladevorgang.

Niederdruck-Dampfspeicherlokomotiven verwenden Ausgangsdrücke von 1,2 MPa (12 kp/cm²) bis 1,5 MPa (15 kp/cm²), vereinzelt auch bis 2,5 MPa (25 kp/cm²) (Mitteldrucklokomotiven). Die Zylinder sind überdimensioniert, um auch bei niedrigen Drücken noch über ausreichend Zugkraft zu verfügen. Das wirkt sich wegen höherer Flächenverluste ungünstig auf den Dampfverbrauch aus; er beträgt etwa 24,5 kg/kWh (18 kg/PSH) bis 37 kg/kWh (27 kg/PSH).

Hochdruck-Dampfspeicherlokomotiven des Systems Gilli speichern Dampf von 4 MPa (40 kp/cm²) bis 14 MPa (140 kp/cm²). Zwischen Speicher und Dampfmaschine befindet sich ein automatisches Druckminderventil, so daß die Lokomotive mit gleichbleibendem Zylinderdruck arbeiten kann, bis der Speicherdruck auf den Wert des Arbeitsdruckes fällt. Dadurch verringert sich der Dampfverbrauch wesentlich. Eine weitere Dampfeinsparung ermöglicht die Dampfüberhitzung. Bei der Drosselung des entnommenen Dampfes auf den Arbeitsdruck kühlt dieser ab, so daß seine Temperatur niedriger als die des Speicherwassers ist. Man kann nun den Niederdruckdampf durch eine im Speicher befindliche Rohrschlange leiten, wobei er von dem heißen Speicherwasser überhitzt wird. Die Höhe der erreichten Dampfüberhitzung hängt allerdings vom Speicherdruck ab und wird mit fortschreitender Entnahme geringer.

Eine Hochdruck-Dampfspeicherlokomotive hat bei 10 MPa (100 kp/cm²) Ausgangsdruck etwa das doppelte Speichervermögen einer Niederdruckmaschine gleicher Masse, während sich der Fahrbereich auf Grund des niedrigen spezifischen Dampfverbrauches von 12 kg/kWh (9 kg/PSH) bis 16 kg/kWh (12 kg/PSH) auf das Dreifache erhöht. Der Hochdruckspeicher, das Druckminderventil und gegebenenfalls die Überhitzeranlage

verteuern die Anschaffung nicht unerheblich, jedoch gleicht das die erhöhte Wirtschaftlichkeit wieder aus.

In der Regel entstanden Dampfspeicherlokomotiven als Zwei- oder Dreikuppler, größere Kuppelgrade waren selten. Bei fast allen lagen die Zylinder unter dem Führerstand, was kurze Dampfwege vom Regler her ermöglichte. Gelegentlich kamen auch die besonders gut gegen Abkühlungsverluste geschützten Innenzylinder zur Anwendung, allerdings verhinderten die Nachteile dieser Bauart, wie Notwendigkeit einer Kropfachse und Unzugänglichkeit des Triebwerkes, eine weite Verbreitung. Auch die ab und an gewählte Ventilsteuerung blieb eine Rarität.

Erste Dampfspeicherlokomotiven

Dampfspeicherlokomotiven dienten zuerst als Zugmaschinen für Straßenbahnwagen. 1871 baute der Zahnarzt *Emil Lamm* in New Orleans in den USA einen Triebwagen mit einem Heißwasserbehälter, der im Inneren einen zweiten Behälter mit flüssiger Ammoniaklösung enthielt. Durch die Wärme des Wassers verdampfte das Ammoniak und diente als Treibgas für die Zylinder. Die Umständlichkeit des Verfahrens und die üblen Gerüche des Arbeitsmittels brachten Lamm auf den Gedanken, nur mit Wasser zu arbeiten. Die erste derartige Lokomotive, deren Dampfdruck bereits 1,3 MPa (13 kp/cm²) betrug, entstand 1872 für die Straßenbahnlinie New Orleans – Carrollton.

1875 ließ sich der Franzose *Leon Francq* eine bedeutend verbesserte Ausführung patentieren, bei der zur Speicherladung erstmals Dampf unmittelbar in das Wasser eingeleitet wurde und bei der schon Speicherdrücke bis zu 1,5 MPa (15 kp/cm²) bei 200 °C Wassertemperatur realisierbar waren.

Seine Straßenbahnlokomotiven aus den 70er Jahren hatten bereits die Aufteilung der Anlage in einen Hoch- und einen Niederdruckbereich mit dazwischenliegendem Reduzierventil. Aus dem Dampfdom strömte der auf 0,2 MPa (2 kp/cm²) bis 0,3 MPa (3 kp/cm²) entspannte Niederdruckdampf in ein weites, durch den Kessel geführtes und als Ausgleichsbehälter dienendes Sammelrohr, aus dem er schwach überhitzt, zumindest aber getrocknet den Zylindern zuströmte; ein auf dem Kessel angebrachter Konden-

sator schlug anschließend den Dampf nieder.

Beide Systeme erfuhren zahlreiche Verbesserungen und führten schließlich in gerader Linie zu den heute noch genutzten Modellen. Bis zur Einführung der elektrischen Straßenbahn setzte man insbesondere in Frankreich diese Lokomotiven gern im Straßenbahnbetrieb ein.

Auch Untergrundbahnen verwendeten sie versuchsweise. Während eine B-Lokomotive der Metropolitan R.w. in London ein Mißerfolg blieb, konnte eine 1'C1'-Dampfspeicherlokomotive des Systems Francq & Mesnard auf der Pariser U-Bahn durchaus befriedigen.

In Deutschland griff als erste Firma die Lokomotivfabrik Hanomag diese Bauart auf, andere Hersteller folgten rasch.

Bemerkenswerte

Niederdruck-Dampfspeicherlokomotiven

Zu den ungewöhnlichen Dampfspeicherlokomotiven zählte eine 1916 von Henschel für das Stahlwerk Thyssen, Hagedingen, gebaute B'B'-Gelenklokomotive mit Doppelkessel und mittigem Führerhaus, die bei großer Zugkraft auf Werksgleisen mit ihren engen Bögen gut einsetzbar war.

Die technischen Daten waren: Zylinderdurchmesser 500 mm, Hub 400 mm, Kuppelraddurchmesser 930 mm, Drehgestellachsstand 1,5 m, Gesamtachsstand 5 m, Kesseldruck 1,5 MPa (15 kp/cm²), Länge über Puffer 9,97 m, Dienstmasse 42,8 t, Zugkraft 67 kN (6,7 t), Höchstgeschwindigkeit 40 km/h.

Zu den seltenen Anwendungsbereichen der Dampfspeicherlokomotive gehörte der Grubenbetrieb. Ihr Einsatz blieb dort deshalb so selten, weil das kleine Stollenprofil die Kesselgröße allzusehr beschränkte. Vielfach erfolgte der Antrieb, abweichend vom Normal-schema, durch eine stehende, auf dem Führerstand untergebrachte Zwillingmaschine, die die letzte Achse durch eine Kette in Bewegung setzte. Zur Regelausstattung gehörte ein Kondensator, so daß kein Auspuffdampf die Sicht des Lokführers einschränkte. Besonders bemühten sich die Firmen Orenstein & Koppel und Maffei um dieses Einsatzgebiet, gefolgt von Jung.

Letztere baute 1919 eine 1'B-Dampfspeicherlokomotive für 700-mm-Spur, gedacht für eine 4,5 km lange und 2 % geneigte Untertagestrecke des Ruxweiler Stollens der Rheinischen Stahlwerke. Jung wählte ein konventionelles Triebwerk mit Zylindern von 400 mm Durchmesser bei 320 mm Hub, die wegen der geringen Profilbreite innerhalb des Außenrahmens lagen. Sie arbeiteten auf 650 mm große Kuppelräder; der Achsstand belief sich auf 2,8 m und gestattete noch das Durchfahren von 15-m-Bögen. Als Speicherdruck sind 1,2 MPa (12 kp/cm²) bekannt; und auch hier gehörte ein Kondensator zur Ausstattung, daneben sorgten zwei Endführerstände für gute Streckensicht. Mit 15 t Dienstmasse ließ sich ein 25-t-Zug mit 12 km/h über 10 km bewegen.

Dampfspeicherlokomotiven ungewöhnlicher Bauart standen auch bei einer Industriebahn in größerer Zahl in Betrieb. Die von der Hohenzollern AG gebauten Maschinen schleppten große Lasten auf einer schmalspurigen Strecke, die sich in scharfen Gleisbögen durch das Werksgelände wand. Da für die 32 t schwere Lokomotive kein größerer Achsstand als 1,5 m zulässig war, mußte zwischen den beiden Kuppelachsen ein Lauf-radsatz ohne Spurkränze zu liegen kommen. Das hohe Führerhaus und der vorn zugespitzte, für einen Druck von 1,3 MPa (13 kp/cm²) und einen Inhalt von 12,3 m³ entworfene Kessel ergaben eine gute Streckensicht.

Bemerkenswerte

Hochdruck-Dampfspeicherlokomotiven

Die zunehmende Ausstattung der Industriebetriebe mit Hochdruck-Dampfkraftwerken ermöglichte auch den Sprung zur Hochdruck-Dampfspeicherlokomotive. Die erste und bisher immer noch an Größe und Masse unübertroffene baute 1934 die Wiener Lokomotivfabrik nach den Vorschlägen und Vorarbeiten von Dr. Ing. P. Gilli für einen Speicherdruck von 12 MPa (120 kp/cm²). Zur Ausstattung gehörte auch ein Überhitzer; außen liegende Ausgleichsbehälter nahmen durch Berührung mit der Kesselwand zusätzlich Wärme auf. Für den mechanischen Teil bildete das Fahrwerk einer österreichischen Güterzuglokomotive der Reihe 80 die Grundlage, jedoch blieben nur vier der fünf Ach-

sen gekuppelt, so daß sich die Achsfolge D1 ergab. Mit einer Dienstmasse von 82 t entwickelte sie eine maximale Zugkraft von 207 kN (20,7 t), ausreichend, um Kohlezüge von 1 500 t Gesamtzugmasse vom 1,5 km entfernten Güterbahnhof zum Gaswerk Leopoldau in Wien über eine 1,7%ige Rampe zu bringen.

In den 50er Jahren ging die Wiener Lokomotivfabrik zu einer vereinfachten Bauart mit nur einem großen Speicher über, diese D-Maschinen blieben zwar in den Abmessungen unter denen des Erstlings, entsprachen aber besser den Kundenwünschen.

In der BRD nahmen sich die Firmen Henschel und Krauss-Maffei der Gilli-Lokomotive besonders an.

3.11.

Feldbahnlokomotiven

Für Feld-, Wald- und Plantagenlokomotiven, im folgenden der Einfachheit halber nur mit Feldbahnlokomotiven bezeichnet, waren einige gemeinsame charakteristische Merkmale typisch. So handelte es sich bei Feldbahnen durchweg um Schmalspurbahnen, einerseits wegen der geringen Gleisbaukosten und der besseren Schmiegsamkeit an das Gelände, andererseits weil die Betriebsbedingungen vielfach schnell verlegbare transportable Gleise erforderten. Für letztere eigneten sich die 500-mm- und die 600-mm-Spur besonders, für festes Gleis ging man aber auch bis zur Meterspur herauf. Die speziellen Vorzüge des verlegbaren Gleises machten Feldbahnen nicht nur für die Privatwirtschaft, sondern auch für das Militär interessant. Feldbahnen gehörten deshalb zur Ausstattung der meisten Armeen der Welt und spielten noch im zweiten Weltkrieg eine wichtige Rolle.

Der Feldbahn verwandt und vielfach völlig gleichartig war die Werkbahn mit schmaler Spur; auch sie konnte militärischen Zwecken dienen, wie es in Werkstätten, Munitionslagern und Werften vielfach der Fall war.

Schon recht früh sind für Feldbahnen speziell angepaßte Lokomotiven entwickelt worden, nachdem sie zunächst mit Menschen- oder Pferdekraft auskommen mußten.

Feldbahnlokomotiven arbeiteten unter weit ungünstigeren Verhältnissen als ihre auf Vollbahnen laufenden Schwestern. In den meisten Fällen konnte das Gleis nur mit geringer Sorgfalt verlegt werden, wobei es sich eng dem Gelände anpaßte; starke Steigungen und äußerst enge Kurven ergaben sich dabei von selbst. Oft standen die Maschinen Tag und Nacht in Dienst, wobei für eine gründliche Reinigung und für Reparaturen nur wenig Zeit übrigblieb. Deshalb spielte eine einfache, aber robuste Bauweise eine große Rolle.

Größtenteils kamen leichte zwei- oder dreiachsige Tenderlokomotiven zur Verwendung, die sich bei mäßigen Anforderungen als die einfachsten und zweckmäßigsten erwiesen; bei größeren Ansprüchen griff man aber auch zu den vielfältigsten Sonderausführungen, die sich, für ihren Dienst speziell zugeschnitten, meist auch bewährten. Vielfach im Kriege auf Feldbahnen versetzte normale Schmalspur-, Industrie- oder Tagebaulokomotiven konnten dagegen nicht überzeugen.

Feldbahnlokomotiven in Deutschland

In Deutschland basierte die Entwicklung der Feldbahnlokomotive zunächst auf der sich in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts stark entwickelnden Zuckerrübenindustrie. Hierbei mußten die Rüben oft über große Entfernungen von den Feldern zu den Zuckerfabriken gefahren werden; traditionelle Transportmittel versagten auf den schlechten Straßen jener Zeit. Zum ersten Mal bewährte sich hier die Feldbahn in großem Maßstab, und bald bediente sich auch die Industrie dieser Art von Eisenbahn.

In der Folge spielten die Bemühungen des Militärs, und hier speziell des preußischen, die entscheidende Rolle bei der Weiterentwicklung, die auf der 600-m-Spur beruhte.

Preußen versuchte es zunächst 1888 mit einer 1'B-Schleppentenderbauart von 6,5 t Dienst- und 2,5 t Achsfahrmasse, ging dann aber schnell auf die später zum Normaltyp gewordenen Doppellokomotiven, die im entsprechenden Kapitel schon Berücksichtigung fanden, über. Gleiches gilt für die sie ersetzenden D-Brigadelokomotiven mit Klien-Lindner-Hohlachsen, die bis 1918 in der Fertigung verblieben. Im Verlaufe des ersten Weltkrieges machte sich eine Vorliebe



für die von der russischen Seite bevorzugte 750-mm-Spur bemerkbar, für die Henschel E-Tenderlokomotiven mit Luttermöller-Endradsätzen baute, die aber nur noch selten zum Einsatz kamen. Sie wären mit 8 t Achsfahrmasse auch kaum freizügig verwendbar gewesen.

In Deutschland nahm die Muskauer Waldeisenbahn unter den Feldbahnen eine Sonderstellung ein. Als reine Güterbahn angelegt, diente sie dem Abtransport der Naturschätze des Muskauer Forstes; dazu zählten nicht nur Holz, sondern auch Braunkohle und Kies. Die Gleisanlagen mit einer Spurweite von 600 mm bestanden größtenteils aus Feldbahnmaterial.

Die älteste der Muskauer Waldbahnlokomotiven stammte von Krauss; sie entstand 1895 mit der Fabriknummer 3311. Ein kleiner zweiachsiger Tender ermöglichte dem Dreikuppler auch längere Streckenfahrten. Da sich kleinere Wasser- und Kohlevorräte auch auf der Lokomotive befanden, konnte sie auch ohne Tender fahren.

Die technischen Daten lauteten: Zylinder-

durchmesser 200 mm, Hub 300 mm, Kuppelraddurchmesser 560 mm, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 0,39 m², Heizfläche 18,76 m², Länge über Puffer mit Tender 8,72 m, Dienstmasse 8,15 t, Wasservorrat 1,9 m³, Kohlevorrat 0,7 t, Höchstgeschwindigkeit 25 km/h.

Nach der Übernahme der Waldeisenbahn durch die Deutsche Reichsbahn lautete die Betriebsnummer 99 3301; sie blieb in der DDR bis 1966 im Einsatz.

1912 baute Borsig einen Vierkuppler „Diana“, die spätere 99 3312, und während des ersten Weltkrieges griff die Bahn auf sieben Brigadelokomotiven der Heeresfeldbahnen zurück; die Klien-Lindner-Endachsen ersetzte man durch Festachsen. Bei der Deutschen Reichsbahn liefen die Vierkuppler als 99 3310, 99 3311 und als 99 3313 bis 99 3318.

Feldbahnlokomotiven in Frankreich und in Großbritannien

Frankreich nutzte zunächst die Bauart Mallet für den Einsatz auf seinen Feldbahnen, kam

dann aber bald zu den Pechot-Bourdon-Fairlies, auf die schon ausführlich im entsprechenden Kapitel eingegangen wurde.

Eine interessante Maschine ließ das britische Kriegsministerium im ersten Weltkrieg in 600-mm-Spur für seine Feldbahnen an der französischen Front bauen. Großbritannien besaß bei Kriegsausbruch keine Armeefeldbahn, bereitete aber eine für 762-mm-Spur vor. Zur Anpassung an französische Verhältnisse wählte man aber dann die dort übliche Spur und entwickelte einen eigenen Typ ohne Anlehnung an ein Vorbild nur in Hinsicht auf Leistungsfähigkeit und gutes Laufverhalten. So gelangte man zur damals für Schnellzuglokomotiven üblichen Achsfolge 2'C, die für Feldbahnen aber einmalig blieb.

Die in der Gestaltung typisch britische Lokomotive hatte folgende technische Daten: Zylinderdurchmesser 241 mm, Hub 305 mm, Kuppelraddurchmesser 610 mm, Dienstmasse 14 t, Achsfahrmasse 2,8 t.

Nach Kriegsende wurde sie von einer britischen Werkbahn übernommen.

Feldbahnlokomotiven in Übersee

Einleitend sei hier speziell an die USA-Getriebelokomotiven der Bauarten Climax, Shay und Heisler erinnert, die eine wichtige Rolle auch bei der Erschließung der Wälder Nordamerikas spielten. Gleiches galt für die neuseeländischen Ausführungen.

Neben diesen Industrieprodukten existierte auch eine Vielzahl von Lokomotiven einfacher Konstruktion und primitivster Ausführung, die von den Sägewerken selbst hergestellt worden waren. Solche Maschinen waren aber oft gerade gut geeignet für Gleise, die manchmal nur aus roh zugeschnittenen Baumstämmen und aufgenagelten Flacheisen bestanden.

Ein spezielles Einsatzgebiet stellten die überseeischen Plantagenbahnen dar, für die ab der Jahrhundertwende leichte B- und C-Tenderlokomotiven zum Einsatz kamen, die aber auf den mit engen Kurven schlecht verlegten Gleisen, die zudem niedrige Achsfahrmassen erforderten, nicht recht befriedigten.

Schwartzkopf entwickelte für diesen Dienst 1927 einen B'B'-Typ für 700 mm und 914 mm Spurweite. Er hatte zwei Außenrahmenge- stelle mit nach innen weisenden Innenzylindern.

dern von 160 mm Durchmesser bei 230 mm Hub, die auf eine zwischen den Drehgestellachsen gelagerte Kurbelwelle wirkten. Rollenketten übernahmen die Kraftübertragung auf die 600 mm großen, 1,2 m voneinander entfernt stehenden Räder. Ein durchgehender Brückenrahmen trug den Kessel, das Führerhaus und die Vorratsbehälter. Die Kesselheizung erfolgte mit Zuckerrohrabfällen. Bei 1,2 MPa (12 kp/cm²) Kesseldruck, 0,6 m² Rost- und 12,3 m² Heizfläche fiel die Maschine mit 7,6 m Länge über Kupplung und 10,3 t Dienstmasse sehr leicht aus. Die Zugkraft betrug 11 kN (1,1 t); die Vorratsbehälter nahmen 0,6 m³ Zuckerrohrabfälle und 1 m³ Wasser auf, die Höchstgeschwindigkeit lag bei 20 km/h.

Die guten Laufeigenschaften und die geringe Achsfahrmasse von nur 2,6 t führten zu einigen Lieferungen nach Java und nach Peru.

3.12. Treidellokomotiven

In Zusammenhang mit der Industrialisierung entstanden von der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts an in vielen Teilen der Welt Kanäle. Neben der Windkraft diente zur Beförderung der bis zu 30 m langen Kähne die Treidelei durch Menschen- oder Tierkraft. Diese Art der Treidelei wies eine Reihe von Nachteilen auf, insbesondere den der geringen an einem Tag zurücklegbaren Strecke; die menschenunwürdige Arbeit des Treidlers spielte bei den damaligen Überlegungen bezeichnenderweise keine Rolle. So fanden schon frühzeitig Versuche statt, den Treidelbetrieb zu mechanisieren und damit die Leistungsfähigkeit zu erhöhen.

Treidellokomotiven in Frankreich

Schon 1873 lief in Frankreich am Kanal de Bourgogne ein 4 t schweres, vierrädriges Gefährt, halb Lokomotive und halb Lokomobile. Zwei Räder erhielten ihre Führung durch eine Schiene, die beiden anderen stützten sich, als Walzenräder ausgebildet, auf dem Fahrweg ab. Der Betrieb damit konnte sich aber nicht lange halten.

Etwas mehr Erfolg hatte der Versuch, der 1880 zwischen Les Fontinettes und Douai be-

gann, wo auf insgesamt 77 km Meterspurgleisen vierachsige Dampflokomotiven fuhren. Der Treidelbetrieb erfolgte nur bergauf, wobei eine der 14 t schweren Lokomotiven bei einer Geschwindigkeit von 1,5 km/h zwei bis drei Kähne ins Schlepptau nahm. Die zu geringe Dauergeschwindigkeit, verbunden mit hohem Dampfverbrauch, verursachte zahlreiche technische Schwierigkeiten, so daß schon am 1. 2. 1886 der Betrieb eingestellt wurde.

Ein letzter, ebenfalls nur kurzfristiger Versuch, die Dampftreidelei in Frankreich einzuführen, fand 1904 in Berryau-Bac statt

Treidellokomotiven in Deutschland

In Deutschland kam 1890 am Oder-Spree-Kanal versuchsweise Dampftreidelbetrieb zur Ausführung. Eine zweiachsige, 900-mm-spurige, 6,5 t schwere Zugmaschine, die bei 18,4 kW (25 PS) Leistung 10 kN (1 t) Zugkraft erbrachte, schleppte einen 6,5 t wiegenden, das Zugseil aufnehmenden Wagen. Ein Schleppzug aus fünf bis sieben Kähnen ließ sich so auf 7 km/h bringen, aber auch hier verhinderte Unwirtschaftlichkeit einen Dauereinsatz.

Treidellokomotiven am Eisernen Tor

Am Eisernen Tor, heute Grenze zwischen Jugoslawien und Rumänien, entstand 1889–1896 der Kanal von Sip, der zwar nur 1,83 km Länge aufwies, dessen Fließgeschwindigkeit von 18 km/h aber ein beträchtliches Hindernis für die Flußschifffahrt darstellte. Im ersten Weltkrieg legten deutsche Truppen am heutigen jugoslawischen Ufer eine zweigleisige, normalspurige Treidelbahn an, und am 27. 5. 1916 begann der Betrieb mit fünf deutschen Dampflokomotiven, von denen jede 1290 t Kahnlast mit 5 km/h in 34 min durch den Kanal zog.

Mit Kriegsende legte man die Anlage still, nahm aber ab 1928 den Dienst wieder auf und verlängerte kurz danach die Treidelstrecke auf 2,23 km.

Nach 1945 gründete die jugoslawische Regierung eine eigene Gesellschaft für den Treidelbetrieb am Eisernen Tor und stellte dazu von der Staatsbahn drei Lokomotiven zur Verfügung. Von 1969 an, und zwar mit der Fertigstellung des Staudammes, überflutete das steigende Wasser langsam alle An-

lagen, die Lokomotiven blieben, da der Abtransport nicht lohnte, an Ort und Stelle stehen.

Über die eingesetzten Dampflokomotiven liegen einige Angaben vor. So brachten die deutschen Truppen im ersten Weltkrieg drei preußische T13 und zwei T9³ und wahrscheinlich eine G12 mit. Die beiden T9³ kamen 1925 zur jugoslawischen Staatsbahn, nachdem 1922 zwei fabrikneue österreichische Lokomotiven der Reihe 80 zum Einsatz gelangten. 1949 erhielt der Treidelbetrieb zwei 1'E-Typen der Reihe 30 der jugoslawischen Staatsbahn, und 1952 gab man die zwei verbliebenen T13 ab. 1959 gelangte eine dritte 30er zum Einsatz, womit die letzte im Krieg nicht zerstörte 80er ausscheiden konnte.

3.13. Lokomotiven in ehemaligen Kolonien

Die meisten früheren Kolonien europäischer Staaten lagen in tropischen Gebieten. Das stellte an die Bauart der Maschinen besondere Anforderungen. Zudem machte es der Mangel an gut ausgebildetem Personal erforderlich, nur robuste Lokomotiven ohne komplizierte Einrichtungen zu verwenden. Während man in den Anfangsjahren der verkehrstechnischen Erschließung noch die aus der jeweiligen Bauperiode stammenden kleinen Baulokomotiven benutzte, machten die steigenden Zugfahrmasse und die wachsenden Streckenlängen schnell stärkere Traktionsmittel erforderlich. Wegen der zunächst sehr eng verlegten Kurven kamen dafür nur Gelenklokomotiven, meist Mallets und später Garratts, in Frage. Seit der Jahrhundertwende setzten sich dann Starrahmen-Tenderlokomotiven als Drei- bis Fünfkuppler mit seitenverschiebbaren Achsen durch. Freilich konnten sie nur auf Strecken verkehren, auf denen ein gewisser Mindestkurvenhalbmesser nicht unterschritten wurde. Den Endpunkt der Entwicklung bildeten als Vier- bis Fünfkuppler ausgeführte Schlepptenderlokomotiven, die die Unterbringung größerer Vorräte ermöglichten und deren geräumiges offenes Führerhaus dem

Personal bessere Arbeitsbedingungen bot. Als Triebwerksbauarten sind nur Zwillings- oder Zweizylinder-Verbundanordnungen bekannt; die Kesselfeuerung konnte mit Holz, Kohle oder Öl erfolgen. Die meisten Kolonialbahnlokomotiven liefen auf Schmalspurgleisen, meist in Meter- oder Kapspur ausgeführt, aber auch andere Spurweiten von 600 mm bis zur Regelspur waren anzutreffen.

Es fällt schwer, aus der Fülle der gebauten Lokomotiven Besonderes herauszugreifen, zumal einige Baumuster schon Erwähnung in den vorangegangenen Kapiteln fanden. So soll hier ein kurzer Überblick auf einige auffallende Kolonialbahnlokomotiven in den ehemaligen deutschen Kolonien genügen.

Die B'B-Mallet-Tenderlokomotiven der Strecke Lome–Paline

1905 fertigte Orenstein & Koppel sechs B'B-Mallet-Tenderlokomotiven für die Strecke Lome–Paline in der ehemaligen Kolonie Togo. Diese Meterspureinheiten wiesen einige Besonderheiten auf. So erfolgte die Dampfverteilung auf die mit 260/425 mm Durchmesser und 450 mm Hub ausgeführten Zylinder durch die dem Schiffsmaschinenbau entlehnte, aus nur wenigen einfachen Teilen bestehende Klugsche Lenkersteuerung. Dabei arbeitete der Niederdruckteil mit konstant 70 % Füllung, während sich der Füllungsgrad der Hochdruckzylinder beliebig einstellen ließ. Derartige Mallets sollten weniger zum Schleudern neigen. Auffällig waren der Außenrahmen des Hochdruck-

Laufwerkes mit seinen Hallschen Kurbeln und der relativ große, eine Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h ermöglichende Kuppelraddurchmesser von 1000 mm bei 4,7 m Achsstand.

Die sonstigen Daten boten nichts Außergewöhnliches: Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 1,03 m², Heizfläche 54,9 m², Dienstmasse 31 t; unüblich dagegen war die Ergänzung des Wasservorrates von 3 m³ und des Holzvorrates von 3 m³ durch einen vierachsigen Zusatztender, der bei 20,5 t Dienstmasse je 8 m³ Wasser und Holz aufnahm.

Die 1'D-Schleptenderlokomotiven der Tanganjikabahn

Für die Ostafrikanische Eisenbahn-Gesellschaft lieferte die Hanomag 1911/12 zunächst 15 und 1913 fünf 1'D-n2-Schleptenderlokomotiven, die mit 127,5 m² Heizfläche und 46,2 t Dienstmasse die größten deutschen Kolonialbahnlokomotiven blieben und dies schon äußerlich an den für einen Meterspurtyp recht großen Abmessungen erkennen ließen.

Hier die technischen Daten: Zylinderdurchmesser 430 mm, Hub 540 mm, Kuppelraddurchmesser 1000 mm, Achsstand 6,1 m, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 2,6 m², Reibungsmasse 39,1 t, Wasservorrat 15 m³, Holzvorrat 4 t.

Abgesehen von den Abmessungen und der Leistungsfähigkeit entsprachen sie dem Stand der Technik. Sie beförderten auf den Steilrampen des Ostafrikanischen Grabens

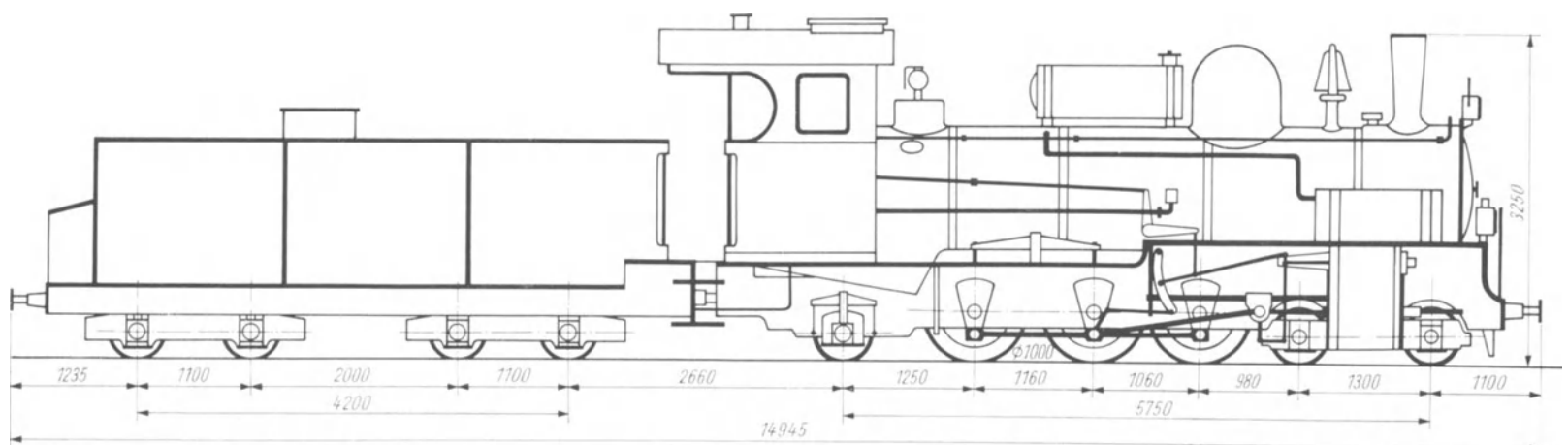
260 t Zugfahrmasse; dieser Wert stieg in der Ebene auf 500 t.

Die 1'D1'-Lokomotiven der Otavibahn

Als erste deutsche Kolonialbahn bestellte die Otavi-Minen- und Eisenbahn-Gesellschaft 1912 Heißdampflokomotiven für den in 600-mm-Spur ausgeführten Streckenteil Swakopmund–Usakos in der ehemaligen Kolonie Südwestafrika. Henschel entwickelte eine 1'D1'-h2-Güterzuglokomotive mit Außenrahmen; das Laufwerk gestattete noch das Durchfahren von 50-m-Bögen bei 18 mm Spurerweiterung und nutzte die zulässige Achsfahrmasse von 6,6 t voll aus. Der kohlegefeuerte Kessel lag 1,75 m über Schienenoberkante, ein – absolut gesehen – niedriger Wert, ins Verhältnis zur Spurweite gesetzt aber der größte, der je auf der Welt ausgeführt wurde. Der vierachsige Tender erhielt seitlich heruntergezogene, die Drehgestelle verdeckende Wasserkästen.

Auch für diese Bauart sollen die technischen Daten genannt sein: Zylinderdurchmesser 400 mm, Hub 450 mm, Kuppelraddurchmesser 860 mm, Achsstand 5,2 m, Kesseldruck 1,2 MPa (12 kp/cm²), Rostfläche 1,55 m², Heizfläche 83,8 m², Überhitzerfläche 22,7 m², Dienstmasse 33,7 t, Reibungsmasse 25,9 t, Zugkraft 75,3 kN (7,53 t), Wasservorrat 13 m³, Kohlevorrat 2,8 t, Höchstgeschwindigkeit 30 km/h.

Im praktischen Einsatz ließen sich die Betriebsstoffkosten dank der Verwendung überhitzten Dampfes um 24 % gegenüber ähnlichen Vergleichslokomotiven senken; im



übrigen bewährte sich dieser Typ so gut, daß ihn die South African Rv. nach der Übernahme der Südwestafrikanischen Eisenbahnen als Reihe NG mehrfach nachbestellte. Henschel konnte deshalb 1921 sechs völlig unveränderte Exemplare liefern, denen 1930 und 1938 je drei weitere leicht geänderte und schwerer ausgeführte folgten.

Die 2'C1'-Lokomotiven der Otavibahn

Als die Südwestafrikanischen Eisenbahnen 1910 die Otavibahn übernahmen, wollten sie die bisher im Reisezugdienst eingesetzten C1'-Maschinen durch leistungsfähigere mit größerer Höchstgeschwindigkeit ersetzen. Die Wahl fiel auf die Pazifik-Bauart, von der sie zwei Stück bei Henschel bestellten. Es sind dies die kleinsten Pazifiks, die je für eine öffentliche Bahn gebaut wurden. Henschel blieb beim robusten Zwillingstriebwerk mit Zylindern von 360 mm Durchmesser und 450 mm Hub; die für die Spurweite von 600 mm beachtlich großen Kuppelräder von 1000 mm Durchmesser erlaubten eine Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h. Wie in Südwestafrika üblich, wählte man Außenrahmen und Hallsche Kurbeln; der Achsstand belief sich auf 5,75 m; auf eine Triebwerksverkleidung als Schutz gegen den Wüstensand verzichtete man. Der Kessel für 1,2 MPa (12 kp/cm²) Druck enthielt einen 1,36 m² großen Rost, 69 m² Heizfläche und einen 19,5 m² umfassenden Überhitzer. Bei einer Länge über Kupplung von 14,95 m kam die Dienstmasse auf 33,7 t und die Reibungsmasse auf 18 t; der große Drehgestell-tender bot Platz für 13 m³ Wasser und 3 t Kohle. Beide Lokomotiven befanden sich bei Kriegsausbruch 1914 auf dem Seetransport; ihr Ziel schienen sie nicht erreicht zu haben.

3.14. Dampflokomotiven für Einschienenbahnen

Einschienenbahnen bestanden, wie es schon der Name sagt, aus nur einer Tragschiene. Falls es sich nicht um Hängebahnen handelte, die für uns hier nicht in Betracht kommen, benötigten die darauf lau-

fenden Fahrzeuge noch eine seitliche Abstützung.

Bei den mancherorts auf dem Lande, aber auch in den Städten üblichen echten Einschienenbahnen, deren Tragschiene sich in Bodennähe auf Schwellen abstützte, hatten die Fahrzeuge in der Mitte liegende Laufräder mit zwei Spurkränzen. Das seitlich laufende Zugtier hielt dabei den Wagen durch sein Geschirr im Gleichgewicht. Wenn der Einsatz von Dampflokomotiven auf solchen Gleisen notwendig schien, verwendete man für sie Stützräder, die auf einem befestigten Weg neben der Schiene liefen.

Für die Einschienenbahnen des Systems Lartigue, die aus einer dreieckförmigen Stahlkonstruktion mit erhöht angeordneter Trag- und zwei seitlichen unteren Leitschienen bestanden, kamen Lokomotiven und Wagen in Gebrauch, die die Tragschiene sattelartig umfaßten und die durch die Leitschienen in der Balance gehalten wurden.

Einschienenbahnen konnten sich trotz der geringen Baukosten und der guten Anschmiegarkeit an das Gelände wegen der nur mäßigen Leistungsfähigkeit nicht durchsetzen. Über die für sie verwendeten Dampflokomotiven wird im folgenden berichtet.

Die Wöhlert-Lokomotive

Die in Berlin beheimatete Lokomotivfabrik von F. Wöhlert baute 1869, nach anderen Angaben erst 1870, zwei B'1-Lokomotiven, die zu den Stützradformen zu zählen sind. Ein zweiachsiges, von einer Zwillingsdampfmaschine getriebenes Außenrahmen-Dampfdrehgestell mit 900 mm großen Rädern und 1,25 m Achsstand nahm in seiner

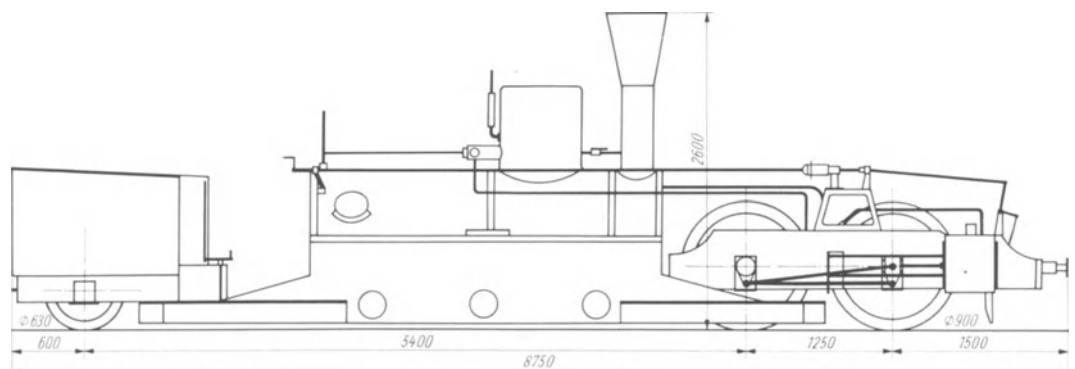
Mitte ein untergehängtes, einachsiges Fahrgestell auf, das den Kessel, den Führerstand, den unter dem Kessel befindlichen Wasserbehälter und den Kohlekasten trug. Das Dampfdrehgestell hatte insgesamt vier Räder: zwei mit doppeltem Spurkranz liefen auf der Schiene, und zwei spurkranzlose stützten sich auf dem befestigten Wegstreifen neben der Schiene ab. Der Kessel enthielt merkwürdigerweise ein sonst im Lokomotivbau schon lange nicht mehr übliches Flammrohr; ob dieses bis zur Rauchkammer durchlief oder vorn in ein Bündel der üblichen Rauchrohre überging, ist nicht bekannt. Auf Holz- oder Torffeuerung wies der kegelförmige Schornstein hin. Insgesamt kam die Maschine auf etwa 8,75 m Länge; weitere Daten und Angaben über Einsatzort und Bewährung liegen nicht vor.

Die Stützradlokomotive für Bombay

Für eine Kleinbahn bei Bombay in Indien baute Orenstein & Koppel Stützradlokomotiven nach den Patenten von *Ewings*. Auf der Schiene liefen drei mittels üblicher Dampfzylinder und Kuppelstangen getriebene Räder; ein gut abgefedertes großes seitliches Stützrad hielt das Gleichgewicht. Um dieses genügend zu belasten, lag der Kessel etwas außerhalb der Mitte, und die Vorratsbehälter befanden sich lediglich an der Stützradseite.

Die Lokomotiven der irischen Einschienenbahn von Listowel nach Ballybunion

1884 entwickelte der Franzose *C. F. M. T. Lartigue* zusammen mit *Anatole Mallet* die später als System Lartigue bezeichnete Ein-



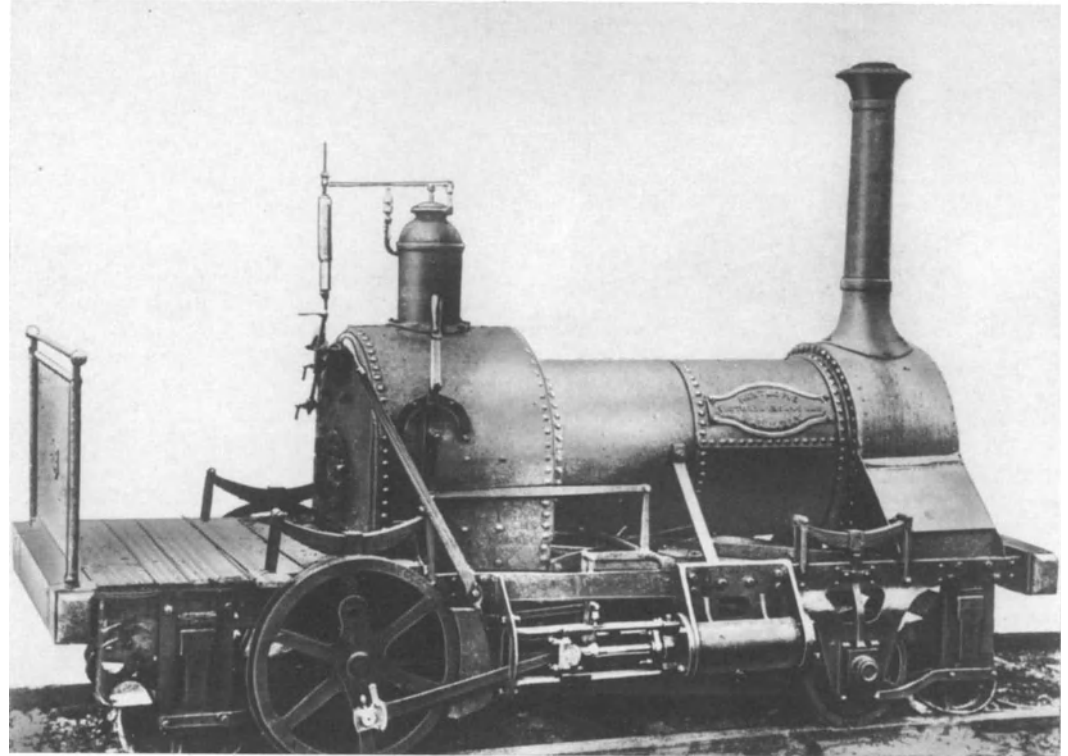
schienenbahn. Sie bestand aus einer mittleren, auf einer dreieckförmigen Eisenkonstruktion erhöht angeordneten Laufschiene und zwei seitlichen Leitschienen, wie schon in der Einleitung erwähnt.

Erstmals 1886 demonstrierte Lartigue seine Bahn in London, andere in den Pyrenäen, in Rußland, in Peru, in Guatemala und in Algerien folgten.

Ebenfalls 1886 erhielt Lartigue dann die Genehmigung für die 15,2 km lange Verbindung Listowel–Ballyunion an der Mündung des Shannon in Irland. 1887 eröffnet, war sie die erste dampfbetriebene person befördernde Einschienenbahn der Welt, für die die Hunslet Engine Comp. aus Leeds drei C-Lokomotiven mit dreiachsigen Triebten der lieferte.

Deren Zwillingsdampfmaschine mit 178 mm Durchmesser bei 309 mm Hub arbeitete auf 610 mm große Kuppelräder, der Achsstand belief sich auf 1,727 m. Rechts und links der Tragschiene ruhte je ein Kessel für 1,05 MPa (10,5 kp/cm²) Dampfdruck; die Lokomotiven hatten also zwei Rauchkammern, zwei Schornsteine und zwei Feuerbüchsen; als Rost- bzw. Heizfläche gelten 0,5 m² bzw. 13,3 m². Beide Kessel blieben durch Wasser- und Dampfausgleichsleitungen miteinander verbunden. Bei 6,1 t Dienstmasse ließ sich eine Zugkraft von 12,5 kN (1,25 t) erzielen. Der Tender enthielt zwei Wasser- und zwei Kohlebehälter von 0,9 m³ und 0,4 m³ Fassungsvermögen. Über der Tragschiene übernahm eine kleine Zweizylinder-Hilfsmaschine von 127 mm Durchmesser und 178 mm Hub, die über ein Getriebe auf die drei Tenderachsen wirkte, die Rolle eines Boosters.

In der Ebene ließen sich 240-t-Züge anstandslos befördern; dieser Wert sank auf 0,2%igen Steigungen auf 186 t und bei 2,5%igen auf 40 t; die Höchstgeschwindigkeit lag bei 50 km/h. Schon um die Jahrhundertwende begannen für die Bahn schwere Jahre; die Betriebseinstellung am 14. 10. 1924 bedeutete dann für die drei Lokomotiven den Abschied.



3.15. Dampflokomotiven für Holzbahnen

Bahnen, deren Schienen aus Holz ohne jede Eisenaufgabe bestanden, blieben eine große Seltenheit. Der Vorteil solcher Bahnen lag in den geringen Baukosten, besonders in waldreichen Gebieten, ihr Nachteil in der niedrigen Belastbarkeit und der kurzen Lebensdauer. Während Holzbahnen für den Holzaufbau durchaus ihre Berechtigung hatten, blieb ihre Nutzung für öffentliche, person befördernde Einrichtungen auf ein einziges, im folgenden zu besprechendes Beispiel beschränkt.

Die „Lady Barkly“ der neuseeländischen Oreti Rw.

James R. Davies, ein australischer Ingenieur, entwickelte für auf Holzschienen laufende Fahrzeuge ein spezielles System. Er verwendete spurkranzlose Treib- und Laufräder, während unter einem Winkel von 45° ge-

neigt angeordnete, mit einem V-förmigen Profil versehene Räder die Führung im Gleis übernahmen.

1861 ließ er in Australien für eine kurze 1600-mm-spurige Versuchsstrecke in Green Hills in Victoria bei den Victoria Ironworks in Ballarat eine dementsprechende 1A-Lokomotive bauen, benannt nach der Frau des Gouverneurs von Victoria „Lady Barkly“. Leider sind keine technischen Daten überliefert; das Foto läßt jedoch die bescheidenen Abmessungen erkennen.

Als die Verwaltung der nur spärlich besiedelten neuseeländischen Provinz Southland für die Verbindung zwischen Invercargill und den Wakatipu-Goldfeldern eine billige Bahn suchte, konnte Davies sein System nach einer Vorführung der „Lady Barkly“ zur Einführung bringen. Während des Baues des ersten und, wie sich später herausstellen sollte, einzigen 12,8 km langen Abschnittes beförderte sie Bauzüge auf der merkwürdigerweise in Regelspur gehaltenen Strecke, auf die die Maschine gar nicht richtig paßte. Wenig nur ist für die Zeit nach der Eröffnung

Crampton-Lokomotive der Oreti Rw.
beim Transport
durch die Straßen von Invercargill
in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts



am 18. 10. 1864 bekannt, doch soll sie bei Regen oder Frost sehr zum Schleudern geneigt haben. Während der 80er Jahre, als die Oreti Rw. schon lange nicht mehr existierte, tat die Lokomotive, umgebaut in Normalform, auf Kapspurgleisen Dienst in einer Sägemühle.

Die 2 und 3 der Oreti Rw.

1864 baute die australische Firma Robinson, Thomas & Comp. zwei 1A-Lokomotiven, die die Oreti Rw. als Nummer 2 und Nummer 3 übernahm. Ihr Entwurf ging von der bekannten Crampton-Bauart aus; mit einem Zylinderdurchmesser von 267 mm, 1372 mm großen Treibrädern, einem Kesseldruck von 1,4 MPa (14 kp/cm²) und 13 t Dienstmasse fielen sie wesentlich größer als die „Lady Barkly“ aus. In der äußeren Gestaltung lehnte man sich an die in Großbritannien üblichen glatten Formen an, abweichend davon waren aber die Außenzylinder. Ein kleiner zweiachsiger Tender konnte 3,8 m³ Wasser aufnehmen.

Obwohl beide Exemplare Neuseeland erreichten, kam zunächst nur eines zum Einsatz; dieses beförderte übrigens auch den Eröffnungszug und erreichte eine Höchstgeschwindigkeit von 32 km/h.

Schon 1866 stellten Eisenbahningenieure an den Holzschienen starke Abnutzungerscheinungen fest, die 1867 zur Schließung der Bahn führten. Beide „Cramptons“ landeten zunächst in einem Sägewerk, bis in den

80er Jahren eine Trambahn bei Invercargill eine von ihnen übernahm; von 1903 bis 1907 diente diese dann noch als Dampfpender für eine Mühle.

Die „Puffing Billy“ der Oreti Rw.

1865 fiel die Entscheidung in der Bahnwerkstatt Invercargill, eine Lokomotive von doppelter Leistungsfähigkeit der „Lady Barkly“ zu bauen. Unter Beibehaltung der beiden Zylinder, des Schwungrades und des Kessels einer Lokomobile entstand so die „Puffing Billy“. Bei ihr lag die Kurbelwelle der Dampfmaschine kurz vor dem Stehkessel, Stangen übernahmen die Kraftübertragung auf eine hinter dem Schornstein angeordnete Blindwelle und von dort auf die erste Kuppelachse der 1B-Maschine.

Ab 21. 9. 1865 eingesetzt, lief sie nur bis zum Kurbelwellenbruch am 23. 10. desselben Jahres. Obwohl es der Werkstatt keine Schwierigkeiten bereitet hätte, den Schaden zu beheben, zog die Oreti Rw. die Indienststellung der zweiten „Crampton“ vor.

3.16. Dampf-Elektro- Lokomotiven

Während des zweiten Weltkrieges, als in der Schweiz Mangel an Kohle bestand, rüsteten die Schweizerischen Bundesbahnen unter

Zurückstellung wirtschaftlicher Gesichtspunkte versuchsweise zwei ältere Rangierlokomotiven mit einer elektrischen Kesselheizung aus. Dabei trug das Führerhaus einen Stromabnehmer, auf dem Kessel befand sich ein Ölschalter, zwei seitlich vom Kessel angeordnete Transformatoren reduzierten die Fahrleitungsspannung von 15 kV auf 20 V. Eine Umwälzpumpe trieb das Wasser durch die den Transformatoren vorgelagerten Heizelemente und von dort in den Kessel zurück. Rost und Rauchkammer erhielten gegen Wärmeverluste provisorische Abdeckungen. Ähnlich einer Dampfspeicherlokomotive konnten diese Maschinen für kürzere Zeit auf Nebengleisen ohne Fahrleitung verkehren.

1943 verfügte dann die Bahn den Umbau zweier C-Tenderlokomotiven der Reihe E3/3 mit den Betriebsnummern 8521 und 8522, den BBC durchführte. Abgesehen von der speziellen Kesselheizung läßt sich nichts Bemerkenswertes berichten; die technischen Daten aufzuzählen erübrigt sich also.

Beide Dampf-Elektro-Lokomotiven versahen in St. Gallen und Zellikofen Rangierdienst, wobei sie sich gut bewährten. Nach 1945 stellte man sie wieder auf Kohlefeuerung um.

Literaturverzeichnis

Zeitschriftenartikel

Arndt, G.: Gelenklokomotive der Deutschen Reichsbahn, Bauart Fairlie. Deutsche Eisenbahn Technik, Heft 8/1977

Avenmarg: O-F-O-Tender-Lokomotive mit 1 m Spurweite. Die Lokomotive, Heft 1/1940

Bangert, P. H.: Neuartige Dampflokomotiven für den Abraumbetrieb. Die Lokomotive, S. 173/1939

Bangert, P. H.: Neue Henschel-Beyer-Garratt-Lokomotiven für Afrika. Glasers Annalen, S. 269/1954

Bäzold, Dieter: 2'B2'-Schnellfahrlokomotive der KPEV. Der Modelleisenbahner, S. 269/1970

Bäzold, Dieter: Die 2'B2'-Schnellfahrlok der KPEV im Bild. Der Modelleisenbahner, S. 330/1970

Beil, William: Die Entwicklung der Stromlinien-Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn. Die Lokomotive, S. 35/1940

Bönicke, Hans Jürgen: Aus der Geschichte der Eisenbahn. Der Modelleisenbahner, S. 159/1974

Brown, M.: Die Hochdrucklokomotive für 60 at, Bauart Winterthur. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, S. 151/1929

Buchli, J.: Hochdrucklokomotive der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, S. 281/1928

Burmeister: Die Entwicklung der Turbinenlokomotive in Deutschland. Glasers Annalen, S. 75/1935

Dannecker, R.: Stromlinien-Dampflokomotiven und -Züge. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, S. 362/1935

Dannecker, R.: Neuere Stromlinien-Lokomotiven. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, S. 155/1938

Dejanov, D.: Die sechskuppelachsigen Dampflokomotiven der Bulgarischen Staatsbahnen. Der Modelleisenbahner, S. 373/1976

Dost, Oskar: Feldbahn-Lokomotiven. Die Lokomotive, S. 186/1943

Drescher, Werner: Die Baureihe 44 im Bw Saalfeld. Modelleisenbahner, S. 10/1982

Ewald, K: Die Hochdruck-Dampfspeicher-Lokomotive. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, S. 176/1954

Farmakowsky, W.: Feuerlose Lokomotiven als Tunnel-Lokomotiven. Die Lokomotive, S. 149/1939

Feist, Rüdiger: Die Stehkessellok K12. Der Modelleisenbahner, S. 373/1980

Fiebig, Günther: Die Gelenk-Dampflokomotiven der deutschen Staatsbahnen. Der Modelleisenbahner, S. 211/1966

Fiebig, Günther: 60 Jahre P8. Der Modelleisenbahner, S. 272/1966

Gerlach, Klaus: Berlin – Hamburg – Berlin mit der Lok 19¹⁰. Der Modelleisenbahner, S. 18/1958

Giesl-Gieslingen, Adolf: 3BB3 Versuchs-Schnellzug-Lokomotive der Pennsylvania-Bahn. Die Lokomotive, S. 78/1939

Günzl, Nikolaus: Raritäten auf schmaler Spur – Die Lokomotive „Henneberg“ der Trusebahn. Der Modelleisenbahner, S. 236/1981

Hahn, Clemens: Preußische Zahnradlokomotive der Gattung T28. Der Modelleisenbahner, S. 153/1980

Hahn, Clemens: Ergänzungen zum Beitrag „Preußische Zahnradlokomotive der Gattung T28“ in Heft 5/80. Der Modelleisenbahner, S. 273/1980

Hoecherl, E.: Krauss-Maffei-Hochdruckspeicherlokomotive. Glasers Annalen, S. 304/1951

Hürlimann, W.: Von den Triebfahrzeugen der russischen Eisenbahnen. Glasers Annalen, S. 78/1951

Hürlimann, W.: Neue Triebfahrzeuge der russischen Eisenbahnen. Glasers Annalen, S. 281/1956

Kemper, F.: Die schmalspurige Dampflokomotive im Osten. Die Lokomotive, S. 207/1943

Kinkeldei, L.: Der Einzelachsantrieb von Dampflokomotiven. Die Lokomotive, S. 125/1942

Kinkeldei, L.: Die Verwendung des Hochdruck-Dampfspeichers für eine feuerlose Lokomotive. Glasers Annalen, S. 159/1952

Kirchbach, Erwin von: Französische Lokomotive mit Velox-Kessel. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, S. 381/1939

Kirchbach, Erwin von: Amerikanische Stimmen zur Wettbewerbsfähigkeit und Weiterentwicklung der Dampflokomotive. Glasers Annalen, S. 18/1954

- Kirsche, Hans-Joachim:* Die Entwicklung der Kohlenstaublokomotive System Wendler – ein Beitrag zur Verkehrsgeschichte der DDR. Eisenbahn-Jahrbuch, S. 142/1982
- Kohlberger, Helmut:* Die Baureihe 56 der Deutschen Reichsbahn in mehreren Varianten. Der Modelleisenbahner, S. 57/1979
- Köhler, Hans:* Die ölgefeuerte Lok der Baureihe 01⁵ der DR. Der Modelleisenbahner, S. 223/1964
- Lehnert, Klaus:* Aus der Geschichte sowjetischer Dampflokomotiven. Der Modelleisenbahner, S. 328/1977
- Liechty, Roman:* Dampf-elektrische Lokomotiven. Die Lokomotive, S. 166/1943
- Lübsen, W.:* Kondens-Lokomotiven für Argentinien. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, S. 364/1940
- Mayer, Max:* Die ersten Zahnradbahnen und das System Riggensbach. Die Lokomotive, S. 106/1943
- Mayer, Max:* B1'-Lokomotive No. 253 F. Wöhlert, Berlin 1869, eine frühe Form des Dampftriebgestells. Glasers Annalen, S. 163/1952
- Meier, Peter:* Die Ravensglass- und Eskdale-Eisenbahn im Norden Englands. Der Modelleisenbahner, S. 295/1971
- Meinecke, F.:* Zur Geschichte der Gleichstrom-Dampflokomotive. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, S. 235/1933
- Meinecke, F.:* Die Gleichstrom-Dampflokomotive. Glasers Annalen, S. 1/1947
- Messerschmidt, Wolfgang:* 160 Jahre Zahnradbahnen – Eine entwicklungsgeschichtliche Betrachtung zum Jubiläum der Rigi-Bahn in der Schweiz. Eisenbahntechnische Rundschau, S. 428/1971
- Metzeltin:* Garratt-Schnellzug-Lokomotive für die Südafrikanischen Eisenbahnen. Glasers Annalen, S. 103/1928
- Metzeltin:* Deutschland führt im Lokomotivbau. Die Lokomotive, S. 197/1942
- Metzeltin:* Die Entwicklung des Dampflokomotivbaues. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, S. 323/1932
- Metzeltin:* Lokomotive mit Abgasvorwärmer Bauart Franco. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, S. 69/1937
- Metzeltin:* Die Dampflokomotive – eine fahrbare Kraftanlage. Die Lokomotive, S. 61/1943
- Metzeltin:* Die Entwicklung der Franco-Lokomotive. Die Lokomotive, S. 225/1943
- Metzeltin:* Die Entwicklung der Franco-Lokomotive. Glasers Annalen, S. 49/1948
- Meyer, E.:* Merkwürdige Dampflokomotiven. Die Lokomotive, S. 87/1943
- Meyer, E.:* Ankerlose Lokomotivkessel. Die Lokomotive, S. 135/1943
- Müller:* Die Entwicklung des engrohrigen Wasserrohrkessels seit dem Kriege und seine Ausbildung zum Höchstdruckkessel. Glasers Annalen, S. 87/1928
- Müller, Hans:* Gestaltung von Triebfahrzeugen – Eine formengeschichtliche Betrachtung. Eisenbahn-Jahrbuch, S. 123/1972
- Niemann, Hans:* Die Kohlenstaublokomotiven der Baureihe 52 der DR aus der Sicht des Lokpersonals. Der Modelleisenbahner, S. 153/1979
- Nordmann, H.:* Die Versuche mit der Turbinenlokomotive von Krupp-Zoelly. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, S. 173/1930
- Nordmann, H.:* Der Luftwiderstand der Eisenbahnfahrzeuge. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, S. 59/1935
- Nordmann, H.:* Neuere Entwicklungslinien im Dampflokomotivbau. Glasers Annalen, S. 132/1939
- Ostwald, W.:* Der Wirkungsgrad. Die Lokomotive, S. 61/1943
- Pfaff, K.:* Untersuchung der Dampf- und Kohlen-Verbrauchsziffern der Stumpfschen Gleichstrom-, der Kolbenschieber- und der Lentz-Ventil-Lokomotive, nach den Vergleichsversuchen der preußisch-hessischen Staatsbahnverwaltung. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, S. 44/1911
- Pochadt, Helmut:* Lokomotiven mit beweglichen Triebwerken – Betrachtungen über ausgewählte Typen. Der Modelleisenbahner, S. 4/1983
- Pochadt, Helmut:* Die Kitson-Meyer-Schmalspurloks der DR – nach 38 Jahren erstmalig beschrieben. Der Modelleisenbahner, S. 13/1983
- Reutler, Hans:* Dampflokomotivenanlage für turboelektrischen Antrieb einer Lokomotive. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, S. 74/1938
- Roosen, Richard:* Kolbenlokomotive mit Kondensation. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, S. 351/1932
- Roosen, Richard:* Neue Henschel-Kondens-Lokomotive. Die Lokomotive, S. 81/1940
- Roosen, Richard:* Henschel-Kondenslokomotive Klasse 19 der Rhodesischen Bahnen. Glasers Annalen, S. 59/1955
- Scheffler, Rainer:* Über die „Kreuzspinnen“ der Windbergbahn. Der Modelleisenbahner, S. 75/1981
- Scholz, Wolfgang:* Die Erzbergbahn in Österreich. Der Modelleisenbahner, S. 32/1979
- Schneider, L.:* 2'D2'h-Schnellzug-Lokomotive Reihe 06 der Deutschen Reichsbahn, gebaut von Fried. Krupp A.-G., Essen. Die Lokomotive, S. 25/1939
- Schneider, L.:* Trubinenlokomotiven mit Auspuffbetrieb. Die Lokomotive, S. 219/1943
- Schwarzbach, Winfried und Cornelia:* Fast vergessene Loks einer fast vergessenen Bahn. Der Modelleisenbahner, S. 178/1981
- Spranger, Friedrich:* Die Waldeisenbahn Muskau. Der Modelleisenbahner, S. 118/1961
- Spranger, Friedrich:* Über Zahnradbahnen. Eisenbahn-Jahrbuch, S. 153/1968
- Standke, Paul:* Die feuerlose Dampflokomotive. Der Modelleisenbahner, S. 22/1965
- Strauß, Walter:* Liliputbahnen als Pioniere technischen Fortschritts. Die Lokomotive, S. 164/1939
- Wagner, R. P.:* Die Turbolokomotive, ihre Wirtschaftlichkeit, Bauart und Entwicklung. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, S. 1/1924
- Weigelt, Günter:* Betriebserfahrungen bei Dampfloks mit Ölhauptfeuerung. Schienenfahrzeuge, S. 367/1965
- Weigelt, Günter:* Die Ökonomie der Dampfloktraktion mit Ölhauptfeuerung. Schienenfahrzeuge, S. 172/1968
- Wetzler:* Die Eisenbahnfahrzeuge auf der Deutschen Verkehrsausstellung München 1925. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, S. 71/1926
- Winkelmann, Horst und Klaus:* Die Beyer-Garratt-Dampflokomotive. Der Modelleisenbahner, S. 276/1975
- Witte, Friedrich:* Die 2C1-Hochdruck (120 at)-Lokomotive der Deutschen Reichsbahn. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, S. 1073/1930
- Witte, Friedrich:* Lokomotiven höheren Dampfdrucks in den Vereinigten Staaten.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, S. 256/1934

Witte, Friedrich: Zwei Franco-Crosti-Lokomotiven für die DB. Glasers Annalen, S. 55/1951

Witte, Friedrich: Lokomotive 50 1412 mit Franco-Crosti-Kessel. Glasers Annalen, S. 262/1955

Wolff, Adolf: Die 2'C2'-h3-Schnellzuglokomotive 05 003 der Deutschen Reichsbahn – Ein Rückblick auf die Entwicklung der Kohlenstaublokomotive. Glasers Annalen, S. 21/1947

Wünschmann, Dieter: Die allerletzte Stunde der 60 002. Der Modelleisenbahner, S. 235/1967

Zimmermann, Walter: Die 1F2 Drillings-Heißdampf-Tenderlokomotive, Reihe 46, der Bulgarischen Staatsbahnen. Die Lokomotive, S. 195/1943

Bücher

Abbott, R. A. S.: Crane Locomotives – A Survey of British Practice. London: Goose & Son Publishers, 1973

Alexander, E. P.: Iron Horses – American Locomotives 1829–1900. New York: Bonanza Books, 1941

Arndt, Gerhard und Ursula: Pionier- und Ausstellungsbahnen. Berlin: transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, 1982

Autorenkollektiv: Entwicklung der Dampflokomotive. Lokomotivkunde, Heft 1. Leipzig: VEB Fachbuchverlag, 1959

Autorenkollektiv: Die Lokomotivdampfmaschine. Lokomotive, Heft 4. Leipzig: VEB Fachbuchverlag, 1959

Baltzer, F.: Die Kolonialbahnen mit besonderer Berücksichtigung Afrikas. G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, 1916

Born, Erhard: 2C1 – Entwicklung und Geschichte der Pazifik-Lokomotiven. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1966

Bruce, Alfred W.: The Steam Locomotive in America – Its Development in the Twentieth Century. New York: W. W. Norton Comp. Inc.

Buchmann, Heinrich: Dampflokomotiven in den USA 1825–1950, Band 2. Basel–Stuttgart: Birkhäuser Verlag, 1978

Bufe: Eisenbahnen in Sachsen. Freiburg: Eisenbahn-Kurier, 1977

Carter, Ernest F.: Unusual Locomotives. London: Frederick Muller, 1960

Chapelon, André: La Locomotive a vapeur. Paris: J. B. Bailliere et Fils, 1951

Dost, Paul: Der rote Teppich. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1965

Düring, T.: Schnellzug-Dampflokomotiven der deutschen Länderbahnen. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1972

Durrant, A. E.: The Garratt Locomotive. Newton Abbot: David & Charles, 1969

Durrant, A. E.: The Mallet Locomotive. Newton Abbot: David & Charles, 1974

Eagleson, Mike; Ziel, Ron: Dampflokomotiven der Welt. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1975

Eckhardt, F. W.: Die Konstruktion der Dampflokomotive und ihre Berechnung. Berlin: VEB Verlag Technik, 1952

Eckhardt, F. W.: Lokomotivkunde, Heft 5: Das Fahrgestell der Dampflokomotiven. Leipzig: VEB Fachbuchverlag, 1959

Garbe, Robert: Die Dampflokomotiven der Gegenwart. Berlin: Julius Springer, 1920

Gerlach, Klaus: Für unser Lokarchiv. Berlin: transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, 1961

Giesl-Gieslingen, Adolph: Lokomotiv-Athleten. Internationales Archiv für Lokomotivgeschichte, Bd. 8. Wien: Josef Otto Slezak, 1976

Gray, Cael R.: Railroading in Eighteen Countries – The Story of American Railroad Men Serving in the Military Railway Service 1862 to 1953. New York: Charles Scribner's Sons, 1955

Griebl, Helmut: Staatsbahn-Dampflokomotiven in Österreich. Freiburg: Eisenbahn-Kurier, 1978

Haas, Arnold: Dampflokomotiven in Nordamerika – USA und Kanada. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1978

Holzborn, Klaus-Detlev; Kieper, Klaus: Dampflokomotiven Zahnrad/Lokalbahn/Schmalspur. Berlin: transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, 1968

Holzborn, Klaus-Detlev: Dampflokomotiven Normalspur Baureihen 01 bis 96. Berlin: transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, 1968

Huddleston, Eugene L.; Stauffer, Alvin; Shuster, Philip: C & O Power-Steam and Diesel Locomotives of the Chesapeake and

Ohio Railway 1900–1965. Alvin Stauffer, 1965

Igel: Handbuch des Dampflokomotivbaues. Berlin: M. Krayn, 1922

Jahn, J.: Die Dampflokomotive in Entwicklungsgeschichtlicher Darstellung ihres Gesamtaufbaues. Berlin: Julius Springer, 1924

Kieper, Klaus; Preuß, Reiner; Rehbein, Elfriede: Schmalspurbahn-Archiv. Berlin: transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, 1982

Kobschätzky, Hans: Die Königlich Württembergischen Staatseisenbahnen. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1980

Kühner, Kurt: Geschichtliches zum Fahrzeugantrieb. Friedrichshafen: Zahnradfabrik Friedrichshafen, 1965

Maedel, Karl-Ernst: Die deutschen Dampflokomotiven gestern und heute. Berlin: VEB Verlag Technik, 1964

Maedel, Karl-Ernst: Die Königlich-Sächsischen Staatseisenbahnen. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1977

Messerschmidt, Wolfgang: 1D1 – Erfolg und Schicksal der Mikado-Lokomotiven. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1966

Messerschmidt, Wolfgang: 1C1 – Entstehung und Verbreitung der Prärie-Lokomotiven. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1966

Messerschmidt, Wolfgang: Geschichte der italienischen Dampflokomotiven. Zürich: Orell Füssli, 1968

Messerschmidt, Wolfgang: Von Lok zu Lok – Esslingen und der Lokomotivbau für die Bahnen der Welt. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1969

Messerschmidt, Wolfgang: Dampflokomotiv-Raritäten. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1974

Metzeltin, Erich: Die Lokomotive feiert mit. Berlin: VDI Verlag, 1935

Metzeltin, Erich: Die Lokomotive – Ein Lexikon ihrer Erfinder, Konstrukteure, Führer und Förderer. Karlsruhe: Deutsche Gesellschaft für Eisenbahngeschichte, 1971

Münzinger, Friedrich: Leichte Dampfanantriebe an Land, zur See, in der Luft. Berlin: Julius Springer, 1937

Müller, Hans; Weisbrod, Manfred; Petznick, Wolfgang: Dampflokomotiv-Archiv 1 bis 4. Berlin:

transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, 1982

Nave, Harald: Dampflokomotiven in Österreich. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1973

Obermayer, H. J.: Taschenbuch Deutsche Schmalspur-Dampflokomotiven. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung

Ostendorf, Rolf: Ungewöhnliche Dampflokomotiven 1803 bis heute – ein Spiegelbild spezieller Konstruktionen. Stuttgart: Motorbuch Verlag, 1975

Ostendorf, Rolf: Dampfturbinen-Lokomotiven. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1971

Pierson, Kurt: Kohlenstaub-Lokomotiven – Schicksal einer bedeutenden Entwicklung im Lokomotivbau. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1967

Pierson, Kurt: Lokomotiven aus Berlin. Stuttgart: Motorbuch Verlag, 1977

Pottgießer, Hans: Die Deutsche Reichsbahn im Ostfeldzug. Neckargemünd: Kurt Vowinkel Verlag, 1975

Ptaczowsky, E.: Feldbahnen und Industriebahnen. Berlin: M. Krayn, 1922

Rogers, H. C. B.: Französische Dampflokomotiven des 20. Jahrhunderts. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1975

Röll: Enzyklopädie des Eisenbahnwesens von A–Z. Berlin–Wien: Urban und Schwarzenberg, 1912

Saurau, F. X.: Die Erfindung der Lokomotive und ihre Entwicklung in Österreich. Anzengruber, 1926

Sauter, Albert: Die Königlich Preussischen Staatseisenbahnen – Ihre Geschichte, Lokomotiven und Wagen in Wort und Bild. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1974

Steingruber, Günther: Die Königlich Bayerischen Staatseisenbahnen – Ihre Lokomotiven und Wagen in Wort und Bild. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1975

Schroeter, Helmut: Die Eisenbahnen der ehemaligen deutschen Schutzgebiete und ihre Fahrzeuge. Schriftenreihe: Die Fahrzeuge der deutschen Eisenbahnen, Heft 7. Frankfurt (Main): Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft, 1961

Slezak, Josef Otto: Der Giesl-Ejektor. Internationales Archiv für Lokomotivgeschichte, Bd. 7. Wien: Josef Otto Slezak, 1967

Slezak, Josef Otto: Die Lokomotiven der Republik Österreich. Internationales Archiv für Lokomotivgeschichte, Bd. 12. Wien: Josef Otto Slezak, 1973

Stauffer, Alvin F.: Steam Power of the New York Central System, Volume I – Modern Power 1915–1955. Alvin F. Stauffer, 1961

Stoeckl, Fritz: Im Lande der Beyer-Garratts – Rhodesia Railways. Krefeld–Bochum: Röhr, 1972

Stocklausner, H.; Weinstätter, Werner Walter: 25 Jahre Deutsche Einheitslokomotive. Nürnberg: Miha Verlag, 1950

Stoffels, Wolfgang: Lokomotivbau und Dampftechnik. Basel und Stuttgart: Birkhäuser Verlag, 1976

Stumpf, Johannes: Die Gleichstrom-Dampfmaschine. München: Oldenbourg Verlag, 1921

Wendler, Hans: Die Dampflokomotiven der Deutschen Reichsbahn. Berlin: VEB Verlag Technik, 1963

Bildquellen- verzeichnis

Canadian Pacific, Montreal, 59 o., 137
Chessie System Railroads, Cleveland, 16, 47, 87, 88, 153
Deutsche Reichsbahn, Berlin, 9, 44 o., 75, 103, 105, 106 o., 106 u., 148, 160, 161 l., 161 r., 162, 170, 174, 175, 203
Duluth, Missabe and Iron Range Railway Company, Duluth, 54, 55
Ferrocarriles Argentinos, Buenos Aires, 59 u., 60 o., 146, 168, 184
Ferrovie Dello Stato, Roma, 129 o., 129 u., 130 o., 130 u., 131 o., 131 u., 132 o., 133
Festiniog Railway Company, Gwynedd, 34
General Electric Company, Erie, 152
Krauss-Maffei AG, München, 13, 24, 25, 44 u., 45, 60 u., 67 o., 67 u., 78, 114 o., 121, 149 o., 149 u., 163, 180, 188, 193 u., 194, 198 o., 198 u., 200 u.
Lehmann, Hennigsdorf, 26, 40, 50, 94, 98 o., 98 u., 117 o., 173
Leyer, Leipzig, 37 u., 38 u., 109, 164, 200 o.
National Railways of Zimbabwe, Bulawayo, 68, 69 o., 69 u., 171
New Zealand Railway and Locomotive Society, Wellington, 64, 110, 111, 186, 187, 207, 208
New Zealand Railways, Wellington, 61, 65
Norfolk Southern Corporation, Roanoke, 51, 155, 156
North Western Museum of Science and Industrie, Manchester, 41, 62, 63 o.
Rösch, Olbernhau, 15, 37 o., 38 o., 83
Romney, Hythe and Dymchurch Light Railway Company, New Romney, 189 o., 189 u., 190
Schweizerische Bundesbahnen, Bern, 108, 147
Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik, Winterthur, 21, 28, 117 u., 138, 181, 182 o., 182 m., 182 u., 183, 191 o., 191 u., 192 o., 192 u., 193 o.
Statens Järnvägar, Gävle, 100, 101 o., 101 m., 101 u., 145
State Rail Authority of New South Wales, Sydney, 63 u., 102, 196
Technisches Museum für Industrie und Gewerbe, Wien, 8
Union Pacific Railroad Company, Omaha, 11, 56, 58

Namen- verzeichnis

Abt, Roman 177, 180, 183
Behne 75
Belpaire 30, 75
Beluzzo, Giuseppe 142, 150
Beugnot, Edouard 74
Biber 44
Bissinger 177
Blenkinsop, John 178
Borries, August v. 112, 115
Bourdon 33
Bousquet, Gaston du 39, 113, 124
Bowen, H. B. 136
Brotan, Johan 122
Bulleid, Oliver W. 92f., 176
Caprotti, Arturo 119
Cathcart, Andrew 179
Chapelon, Andre 12f., 113, 116
Colburn, Zerah 97
Corliss 119
Cross, William 196
Crosti, Piero 129
Davies, James R. 207
Durant 119
Eames, Lovett 99
Eckardt, C. H. 178
Elliott, Edward O. 99
England, George 32
Engerth, Wilhelm 74
Emerson, George H. 16, 124f.
Ewings 206
Fairlie, Robert Francis 32
Fell, John Barraclough 186
Fink, Pius 75
Flaman 119
Fontaine, Eugene 94
Fowler, Henry 139
Franco, Attilio 128f.
Francq, Leon 201
Garratt, Herbert William 62
Geoghegan, Samuel 199
Gibert, George 89
Giesl-Gieslingen 141
Gilli, P. 202
Glehn, Alfred de 20, 115
Goldschmidt, G. 72
Gölsdorf, Karl 7f., 10
Grandes 30
Gresley, Herbert Nigel 139f., 163
Hagans, Christian 78, 82
Harrison, T. E. 91
Haswell, John 30
Hayes, Samuel 97
Hedley, W. 86
Heilmann, Jean Jacques 20
Heisler, Charles 90
Helmholtz, Richard v. 7, 24f., 80
Henderson, George R. 26
Henry, Adolf 115
Holman 95
Klien, Ewald Richard 14, 81
Klose, Adolf 76, 78, 177f., 180
Köchy 81
Kool 75

Krigar, Johann Friedrich 178
Kuhn 159

Lamm, Emil 201
Lartigue, C. F. M. T. 206
Laußmann 30
Lebedjanskij, L. 46
Lencauchez 119
Lentz, Hugo 118, 121
Lindner, Robert 14f., 81
Livesey, Harry 40
Ljungström, Frederik 144f.
Löffler 140
Luttermöller, Gustav 84

Mac Leod, James 144
Maisel, L. M. 157
Mallet, Anatole 42f., 47, 111f.,
206
Marsh, Sylvester 177, 179
Martens 188
Mason, William 74

Meyer, Adolphe 36
Meyer, Jean-Jacques 36, 40
Middelberg 112
Millholland, James 7, 98
Mills, F. 176
Muhlfeld 134
Murray, Mathäus 178

Nicholson, John 111
Noltein 117

Paget, Cecil 20f.
Pauli 177
Pearson, G. A. 61, 64
Pechot 33
Petiet, Jules 14, 19
Polonceau, Ernst 199f.

Ramsay 143
Reid, Hugh 143f.
Riggenbach, Nikolaus 177, 179f.
Rimrott, Fritz 42

Robert, Jacques 126
Ruva 30

Samuel, James 111
Sandiford, Charles 115
Sellers, George Escol 185
Shay, Ephraim 89
Sommeiler 30
Sondermann 113
Stanier, William Arthur 151, 163
Stephenson, George 86
Stewart 111
Still, W. J. 155
Stirling, Robert 40
Strooman 126
Strub, Emil Viktor 177
Stumpf, Johannes 117
Sures 30

Telfener 177
Thomas, William 48
Trevithick, Richard 86, 141

Vauclain, Samuel 114
Verpilleux 26

Wagner, Robert 162
Webb, Francis William 19 f.,
112, 116
Weber, A. 72
Wendler, Hans 104, 106
Wetli, Kaspar 185
Winans, Ross 87 f., 98
Wittfeld, Gustav 159
Woolf, Arthur 113
Wootten, John E. 98

Young, C. W. 19

Zoelly, Hermann 147, 150

Firmen- verzeichnis

AEG 102ff.
Aktiebolaget Ljungström Äng-
turbin 144
Alco 11, 43, 47f., 50ff., 57f., 60,
70, 74, 99, 134ff., 165f., 175
Alexander Milvalle Iron
Works 186
Andrew Barclay, Sons &
Co. 197
Armstrong – Whitworth 143
Aveling & Porter 199
Avonside 33, 35, 73, 92, 186, 199

Babcock & Wilcox 71, 154f.
Bahnwerkstatt
Altoona, Pennsylvania RR
Comp. 15, 17f.
Angus, Canadian Pacific
Rw. 136
Ashford, Southern Rw. 104
Crewe, British Rw. 132f., 151,
196

Derby, Midland Rw. 20, 112
Doncaster, London & North
Eastern Rw. 164
Gmünd, österreichische
Staatsbahn 122
Invercargill, Oreti Rw. 208
Juanita, Pennsylvania RR
Comp. 52
Midland-Junction, Western
Australian Government
Rw. 176
Mt. Clare, Baltimore & Ohio
RR Comp. 97, 124f.
Reading, Philadelphia &
Reading Rd. 99, 193
Roanoke, Norfolk & Western
51, 166
Spencer, Southern Rw. 27
Swindon, Great Western Rw.
Comp. 197
Tours, französische Staats-
bahn 13

West Albany, New York
Central 122
Wien, Österreichisch-Ungari-
sche Staatseisenbahn-
Gesellschaft 75
Wolverhampton, Great We-
stern Rw. Comp. 197
Baldwin 16ff., 26f., 31, 33, 40,
46, 48ff., 88, 90, 95, 98f., 114,
122, 124f., 127, 152, 154, 165,
175, 179ff.
Batignolles 93
Berliner Maschinenbau AG 140
Bethlehem Steel Co. 25
Beyer-Peacock 40, 62ff., 146,
167, 176ff.
Blackwell-Eisenwerke 111
Borsig 10, 22f., 46, 59, 103, 112,
118, 160, 163, 174, 197f., 203
Breda 142, 150
Brjansk 46
Brocks Locomotive Works 90

Brown, Boverie & Co. (BBC) 20, 133	Haine-Saint-Pierre 72	Lugansker Werk 12	Sharp, Stewart & Co. 19
Budd 165	Hanomag 9f., 66, 71, 92, 103, 118, 201, 205	Lynn 152	Skoda 25
Cail 36	Hartmann 15, 31, 33, 36f., 39, 44, 77, 82ff.	Maffei 28, 43f., 66ff., 149, 172, 201	SLM-Winterthur 22, 27, 118, 138, 147, 178, 180f., 185, 190
Campbell & Whitier 179	Hatcham Ironworks 32	Manchester Locomotive Works 74	Smoschewer & Co. 187
Cegielski 10	Hawthorn 32, 41, 91, 196f.	Maschinenfabrik der ungarischen Staatsbahn 45f., 113, 122f.	Société Anonyme de Saint Leonard (auch St. Leonard) 66, 71, 119, 192
Charkow 169	Heisler Locomotive Works 90	der Wien-Gloggnitzer Eisenbahn-Gesellschaft 30	Stearns Manufacturing Comp. 90
Chrzanow 175	Henschel 22ff., 66ff., 80f., 103f., 123, 131, 137f., 140f., 150, 168ff., 172, 174f., 191f., 194f., 201ff., 205f.	Mason Machine Works 35, 74	Stephenson 30, 41
Clayton Wagons Ltd. 92	Hohenzollern AG 121, 202	Metropolitan-Vickers 151	Still Engine Comp. 155
Climax Manufacturing Comp. 89	Hunslet Engine Comp. 92, 167, 207	Mödling 94	Studiengesellschaft (Stug) 103
Cockerill 30, 74	Inchicore Works 73	Neilson & Co. 35, 186	Taunton Locomotive Manufacturing 74
Cross & Comp. 32	Jacobs-Shupert United States Firebox Comp. 120	New Jersey Locomotive Works 97	Timken 166
Dampfapparate-Baugesellschaft (DABEG) 93	J. Johnston & Son 91	North British 22, 66, 68, 139, 143f., 171	Tubize 43, 128
Davey Paxmann & Co. 188	Jung 174, 201f.	Nydquist & Holm 118, 146f., 150f.	Ulan – Ude 169
Davidson 91	Kerr Stuart & Co. 92	Orenstein & Koppel 41, 83ff., 118, 126f., 170, 201, 205f.	Victoria Ironworks 207
Davis & Gartner 86	Keßler 28	Price 91	Vulcan 94, 118
Egestorff 75	Kitson & Co. 40, 157, 167, 182, 188f.	Putilow 46	Vulcan Foundry Ltd. 35, 73
EKM-Dampfkesselbau 141	Köchlinsche Lokomotivfabrik 74	Richmond 49	Wegmann 161
Electro-Mécanique 134	Kolomna (auch Kolomensk) 33, 46, 117f., 123, 158, 168f.	Robinson, Thomas & Comp. 208	Weidknecht 80
Elsässische Maschinenbau-Gesellschaft 20	Krauss (Deutschland) 24f., 31, 77, 113, 188, 199f., 203	Sächsische Maschinenfabrik 33	Werkspoor 9
Erfurter Lokomotivfabrik 78	Krauss (Österreich) 77, 80	Schichau 112, 175	Westinghouse 152, 154f.
Escher-Wyss 147f.	Krauss-Maffei 13, 121, 160, 163, 202	Schmidt'sche Heißdampfgesellschaft 136f., 139	Westwaggon 173
Esslingen 10, 74, 78, 123, 127, 175, 180, 183ff.	Krupp 23, 66, 103, 108, 147, 150, 162f., 188	Schneider-Creusot 22, 111, 123, 151	Wiener Lokomotivfabrik 7f., 45, 122f., 167, 173, 175, 181, 183, 202
Euskalduna 71	Lima Machine Works 50, 53, 57f., 89, 165, 175	Schulz & Knaut 120	Wigan 91
Fenton, Murray & Woods 178	Linke Hoffmann 66, 118	Schwartzkopff 10, 23, 86, 103, 140, 150, 175, 198, 203	Wildau 162f.
Fives Lille 22, 36	Locomotive Pulverized Fuel Comp. (Lopulco) 101f.	Sentinel 21	Wilson 30
Forges et Chantiers de la Méditerranée 20	Lokomotivbau „Karl Marx“ 141		Wöhlert 206
Franco-Belge 69			Woroschilowgrad 27
General Electric 152, 154			Yarrow & Co 139
Grafenstaden 20, 22, 43, 115			Yorkshire Engine Co. 27, 188
Grant Locomotive Works 94			
Günther 29			
Hagans 83f.			
Hainault 39			

Typen- verzeichnis

Ägypten		Bolivien		Reihe Gt2 x 4/4	44
<i>Staatsbahn</i>		<i>Arica-La-Paz-Bahn</i>		p ^{2/4}	24
Dampfmotorlokomotiven	22	Mallet-Zahnradlokomotiven	183	PtzL3/4	180
Algerien		Brasilien		Reihe S2/5	114f.
<i>PLM</i>		<i>Mogyana-Bahn</i>		<i>Braunschweigische Staatsbahn</i>	
Reihe 231-132.AT	69f.	(2'C)(C2')-Lokomotiven	70	Behne-Kool-Stütztender-	
Reihe 231-132.BT	69f.	<i>Sao-Paulo-Bahn</i>		Lokomotiven	75
Argentinien		Reihe Q	70	<i>Deutsche Bundesbahn</i>	
<i>Central-Nordbahn</i>		Reihe R	70	Reihe 10	163
Reihe A-3	59f.	Bulgarien		Reihe 42 ⁹⁰	131
<i>General-Belgrano-Bahn</i>		<i>Staatsbahn</i>		Reihe 50 ⁴⁰	131f.
Reihe 100	184f.	Reihe 45 ⁰¹⁻¹⁰	10	Reihe 82	86
<i>Staatsbahn</i>		Reihe 46 ⁰¹⁻¹²	10f.	<i>Deutsche Reichsbahn</i>	
Kondenslokomotiven	168	Reihe 46 ¹³⁻²⁰	10f.	HO2 1001	140
Ljungström-		Burma		H17 206	112, 136ff., 140
Dampfturbinenlokomotive	146	<i>Burma Rw.</i>		H45 024	106, 141
Australien		Reihe GAIll	65, 176	M17 236	113
Australian Standard Garratt	176	<i>Burma State Rw.</i>		M17 239	113
<i>New South Wales Government</i>		Fairlie-Lokomotiven	35	Reihe TO9	150
<i>Rw.</i>		Chile		T18 1001	148ff.
Reihe AD 60	63f.	<i>Antofagasta & Bolivia</i>		T18 1002	149f.
<i>Tasmanian Government Rw.</i>		Livesey-Meyer-Lokomotiven	40f.	T38 3255	150
Reihe J	79f.	<i>Nitrate Rw.</i>		Reihe 01	108f., 138, 140, 149, 159f., 162ff., 188
Reihe K	62	Kitson-Meyer-Lokomotiven	40f.	Reihe 01 ¹⁰	23, 108, 162f.
Reihe L	62f.	<i>Transandenbahn</i>		Reihe 02	137
Reihe M	62f.	Kitson-Meyer-		Reihe 03	
<i>Victorian Rw.</i>		Zahnradlokomotiven	182		68, 105, 119, 141, 159f., 163
Reihe R	104	Reihe II	183	Reihe 03 ¹⁰	108, 163
Reihe X	104	Deutschland, DDR, BRD		03 154	160
<i>Western Australian</i>		<i>Dampfspeicherlokomotiven</i>		03 193	160
<i>Government Rw.</i>		Feldbahnlokomotiven	201f.	Reihe 05	22, 160, 164, 170, 174
Reihe E	35f.	Industriellokomotiven	202f.	Reihe 06	162
Belgien		Liliputlokomotiven	197ff.	Reihe 07	162
<i>Chemin de fer du Grand</i>		Tagebaulokomotiven	187f.	Reihe 08	105
<i>Central</i>		Wöhlert-Stützradlokomotive	206	Reihe 10	108, 163
300	36	<i>Badische Staatsbahn</i>		Reihe 17	104f.
<i>Société National</i>		Reihe IVh	115	Reihe 17 ²	137f.
<i>des Chemins de Fer Vicinaux</i>		Reihe VIIIc	43	18 201	108, 161, 163f.
C'C'-Garratt-		Reihe IXb	180	18 314	109, 163
Trambahnlokomotive	192	<i>Bayrische Staatsbahn</i>		19 1001	22f., 163
<i>Staatsbahn</i>		AA ¹	24	Reihe 24	85, 118
C1' + 1'B1B1' + 1'C-Franco-		BXI	24	Reihe 25	105f.
Lokomotive	128	Reihe BBI	43f.	Reihe 36	106
Doppellokomotive	31	Reihe BBII	44	36 861	24
Flaman-Lokomotiven	119f.	Reihe CIV	44	Reihe 38 ¹⁰⁻⁴⁰	119, 142
Reihe 12	119f.	Reihe EI	44, 113ff.	Reihe 39 ⁰⁻²	148f.
Reihe 25	31			Reihe 41	108
				Reihe 42	123, 174f.
				Reihe 44	23, 105, 108, 172ff.
				Reihe 45	162
				Reihe 50	123, 142, 172f.

50 1694	170	Doppellokomotiven	31, 202	Reihe W	36, 44	Tandem-Verbundlokomotiven	
Reihe 50 ³⁵	108, 174	Luttermöllerlokomotiven	84	Reihe IK	31 f.		113
Reihe 50 ⁴⁰	108	Mallet-Lokomotive	44	Reihe IM	33	232.P.1	141
Reihe 52	105, 119, 121, 131, 141 f., 170, 172 ff.	<i>Preußische Staatsbahn</i>		Reihe ITV	38 f.	Reihe 600	14
		Wittfeld-Kuhn-		Reihe IIK (neu)	31	701	20
Reihe 52 ¹⁸⁻²⁰	170	Stromlinienlokomotiven	159	Reihe IIK	77 f.	<i>Ostbahn</i>	
Reihe 52 ⁸⁰	174	Reihe G3	108	Reihe IV	44	Flaman-Lokomotiven	120
Reihe 55 ¹⁶⁻²²	108	Reihe G7 ¹	172	Reihe IVK	36 f., 82	Reihe 6000	43
Reihe 55 ²⁵⁻²⁶	108	Reihe G7 ²	172	Reihe VK	82	<i>Pariser U-Bahn</i>	
Reihe 55 ⁶⁰	44	Reihe G7 ³	114, 172	Reihe IX	83 f.	1'C1'-Dampfspeicher-	
Reihe 56	103	Reihe G8	102, 104, 118	Reihe IXV	83 f.	lokomotive	201
Reihe 57 ¹⁰⁻⁴⁰	108	Reihe G8 ¹	126, 172	Reihe XIIIH	172	<i>PLM</i>	
Reihe 58	103 ff.	Reihe G9	43	Reihe XV	14 f.	D3'-Stütztender-	
Reihe 59	10	Reihe G9 ¹	118	<i>Trusebahn</i>		Lokomotiven	74 f.
Reihe 60	162	Reihe G10	116 ff.	„Henneberg“	84	Reihe C1/2	115
Reihe 61	160 f.	Reihe G12	172, 204	<i>Württembergische Staatsbahn</i>		Reihe 151A	15 f.
Reihe 64	85, 172	Reihe G12 ¹	172	Reihe E	112	Reihe 230-B	134
Reihe 65 ¹⁰	105 f., 142	Reihe P4	108	Reihe F1	78	230-E-93	134
Reihe 74	141, 162	Reihe P6	118	Reihe F1c	78	Reihe 241-A	140
77 1001	22	Reihe P10	148	Reihe Fc	78	241-B-1	140
Reihe 79	15	Reihe S1	112	Reihe Fz	180	<i>Société Métallurgique Ariege</i>	
Reihe 80	85, 172	Reihe S2	121	Reihe G	77 f., 112	B'B'-Trambahnlokomotiven	190
Reihe 81	85, 172	Reihe S3	108	Reihe Hz	180	<i>Staatsbahn</i>	
Reihe 84	86	Reihe S5	115	Reihe K	9 f.	2'Co2'-Hochdrucklokomotive	118
Reihe 86	85, 172	Reihe S5 ¹	115	Reihe KI2	127 f.	141P	116
Reihe 87	85 f.	Reihe S6	117 f.	Reihe T3L	78	141R	116
Reihe 95	108	Reihe S7	118, 159	Reihe Ts4	78	160A-1	12 f.
Reihe 96 ⁰	44	Reihe S9	112, 160	Reihe Tss3	78	221-TQ-1	93, 118
Reihe 98 ⁰	39	Reihe S10 ¹	115	Reihe Tss4	78	232-Q-1	151
98 001	38	Reihe S10 ²	118			242A-1	113
99 1112	75	Reihe T0	112	Dominikanische Republik		<i>Westbahn</i>	
Reihe 99 ¹⁶	41 f.	Reihe T9 ³	204	<i>San Domingo Improvement</i>		Heilmann-Lokomotiven	20
99 161 bis 99 163	33	Reihe T13	80, 204	<i>Comp.</i>		Großbritannien	
99 181 bis 99 183	85	Reihe T14	44	Zahnradlokomotive	181	Aveling & Porter-	
Reihe 99 ²³⁻²⁴	108	Reihe T15	80 f.			Industriellokomotiven	199
Reihe 99 ⁵¹⁻⁶⁰	37	Reihe T16	44	Elfenbeinküste		Avonside-	
<i>Gelnhausen-Bieberer-Eisenbahn</i>		Reihe T20	44, 198	(1'C)(C1')-Golwé-Lokomotiven	72	Getriebellokomotiven	92
„Glück auf“	79	Reihe T26	180			Kerr-Stuart-	
<i>Lentzsche Kleinbahnen</i>		Reihe T28	180	Frankreich		Getriebellokomotiven	92
B'C-Hagans-Lokomotive	80	Reihe T31	85	<i>Bayonne-Biarritzer Bahn</i>		Kranlokomotiven	196 f.
<i>Lübeck-Büchener-Eisenbahn</i>		Reihe T35	85	Verbundlokomotiven	111 f.	Mac-Leod-Reid-	
Doble-Kleinlokomotive	140 f.	Reihe T36	80	<i>Decauville-Gesellschaft</i>		Dampfturbinenlokomotive	144
Stromlinienlokomotiven	162	Reihe T37	82 ff.	Mallet-Lokomotive	43	„Mylord“	86
<i>Oldenburgische Staatsbahn</i>		Reihe T38	83 f.	<i>Feldbahnen</i>		„Puffing Billy“	86
Reihe S10	118	Reihe T39	84 f.	Pechot-Bourdon-Fairlie-		<i>British Rw.</i>	
<i>Pfalzbahn</i>		Reihe T40	85	Lokomotiven	33, 203	Reihe 9	132 f.
G4 ^{II}	43 f.	<i>Reichseisenbahnen</i>		<i>Mont-Cenis-Bahn</i>		<i>Caledonia & North British Rw.</i>	
Reihe G4 ^{III}	113 f.	(<i>Elsaß-Lothringen</i>)		Fell-Lokomotiven	186	Reid-Ramsay-	
Reihe L1	190 f.	Reihe D7	94	<i>Nordbahn</i>		Dampfturbinenlokomotiven	143
Reihe Pts3/3N	190 f.	Reihe T37	84	Du-Bousquet-Lokomotiven	39	<i>Derbyshire & Cromford</i>	
P3 ^{II}	25	<i>Sächsische Staatsbahn</i>		Petiet-Lokomotiven		<i>High Peak Rw.</i>	
<i>Preußische Heeresfeldbahn</i>		Reihe FTK, spätere IIK	32 f.	mit Einzelachsantrieb	19	Fell-Lokomotive	186
Brigadelokomotiven	83, 202 f.	Reihe MITV	36, 38				

<i>Eastern Counties Ry.</i>		<i>North British Rw.</i>		<i>Staatsbahn</i>		Neuseeland	
Zweizylinder-		Tandem-Verbundlokomotive	113	Reihe 623	130f.	Clayton-	
Verbundlokomotiven	111	<i>North Wales Narrow Gauge Rw.</i>		Reihe 625	130	Getriebelokomotiven	92
<i>Festiniog Rw.</i>		„Moel Trytan“	73	Reihe 670	128	Davidson-	
„Earl of Merioneth“	34	„Snowdon Ranger“	73	Reihe 672	128f.	Getriebelokomotiven	91
„Little Wonder“	32	<i>Ravenglass & Eskdale Rw.</i>		Reihe 685	129f.	Johnston-	
Single-Fairlie-Lokomotiven	73	Liliputlokomotiven	188	685 410	150	Getriebelokomotiven	91
<i>Great Western Rw. Comp.</i>		Poultney-		Reihe 740	129f.	Price-	
Harrison-		Triebtenderlokomotive	27	Reihe 741	130, 133	Getriebelokomotiven	91
Getriebelokomotiven	91	<i>Romney, Hythe & Dymchurch</i>		Reihe 743	130	<i>New Zealand Government Rw.</i>	
Tandem-Verbundlokomotiven	113	<i>Light Rw. Co.</i>		Reihe 746	142	Reihe E	60f.
		Liliputiokomotiven	188ff.			Reihe G	64f.
<i>Lancashire & Yorkshire Rw.</i>		<i>Southern Rw.</i>		Jugoslawien		Reihe H	186f.
Ramsay-Dampfturbinen-		„Leader“-Getriebe-		<i>Radlovac-Zervanska-Bahn</i>		Reihe R	73
lokomotiven	144	lokomotiven	92f.	F-Tenderlokomotive	13	Reihe S	73
<i>London,</i>		Reihe Q1	175f.	<i>Staatsbahn</i>		<i>Oreti Rw.</i>	
<i>Midland & Scottish Rw.</i>		Reihe U	104	Reihe 30	204	„Lady Barkly“	207f.
„Fury“-Hochdrucklokomotive	139	<i>Surry Border & Camberley Rw.</i>				Nr. 2	208
		Liliputlokomotiven	188	Kanada		Nr. 3	208
Ljungström-		Indien		<i>Canada Southern Rw.</i>		„Puffing Billy“	208
Dampfturbinenlokomotiven	146f.	Stützradlokomotive	206	Fontaine-Lokomotive	94		
		<i>Darjeeling-Himalaya Rw.</i>		<i>Canadian Pacific Rw.</i>		Niederlande	
Ramsay-		Reihe D	65	Reihe R-1	58f.	<i>Limburg Tramweg Maatschappij</i>	
Dampfturbinenlokomotiven	144	<i>Staatsbahn</i>		8000	136f.	C'C'-Garratt-	
Sentinel-Lokomotiven	91f.	Clayton-Getriebe-		Kenia		Trambahnlokomotiven	191 f.
(1'C)(C1')-Lokomotiven	70f.	lokomotiven	92	<i>East African Rw.</i>		<i>Staatsbahn</i>	
6202	151	<i>Western Indian Government Rw.</i>		Reihe 59	68f., 71	Reihe P3	112
7192	140	Vierzylinder-		<i>Kenia-Uganda-Bahn</i>			
<i>London & North Eastern Rw.</i>		Verbundlokomotive	115	Reihe EC1	68	Österreich-Ungarn, Österreich	
Booster-Lokomotiven	25			Reihe EC3	64, 68	<i>Bosnisch-Herzegowinische</i>	
Kitson-Still-Diesel-		Indonesien				<i>Landesbahnen</i>	
Dampflokomotive	155ff.	B'B'-Plantagenbahn	203f.	Kolumbien		Reihe II2a	31
Ljungström-		<i>Holländische Staatsbahn</i>		Sentinel-Lokomotive		Reihe II4a	77
Dampfturbinenlokomotive	146f.	1'F1'-Tenderlokomotiven	9	mit Einzelachsantrieb	21	Reihe III4a	77
Reihe A1	139	<i>Samarang-Joana-Bahn</i>				Reihe III5a	77
Reihe A3	163	D-Klien-Lindner-		Kongo		Reihe III5c	181 f.
Reihe A4	163	Lokomotiven	82	<i>Congo-Ocean-Bahn</i>		Reihe IV4a	80
Reihe U1	70f.			Golwé-Lokomotive	72	Reihe V6c	77
10000	139f.	Irland				<i>Bundesbahn</i>	
<i>London & North Western Rw.</i>		<i>Guinness Rw.</i>		Mexiko		33.107	141
Webbsche Dreizylinder-		Industriellokomotiven	199	Fairlie-Lokomotiven	33ff.	Reihe 659	10
Verbundlokomotiven	19f.	<i>Staatsbahn</i>		<i>Zentralbahn</i>		<i>Erzbergbahn</i>	
<i>Mersey Rw.</i>		CC1	93	Johnstone-Fairlie-		Reihe 69	183
Kondenslokomotiven	167			Lokomotiven	35	Reihe 97 ⁴	183
<i>Metropolitan Rw.</i>		Italien				Reihe 269	183
Reihe A	167	Beluzzo-		Namibia		Reihe 297	183
B-Dampfspeicherlokomotive	201	Dampfturbinenlokomotiven	142f.	<i>Otavibahn</i>		<i>Gaswerk Leopoldau</i>	
<i>Middleton-Steinkohlengrube</i>		<i>Giovi-Pass-Bahn</i>		1'D1'-Lokomotive	205	D1-Hochdruck-	
Murray-Zahnradlokomotive	178	„Mastodont“-		2'C1'-Lokomotive	205f.	Dampfspeicherlokomotive	202
<i>Midland Rw.</i>		Doppellokomotiven	30			<i>Österreichisch-Ungarische</i>	
Paget-Lokomotive	20f.	<i>Mont-Cenis-Bahn</i>				<i>Staatseisenbahn-Gesellschaft</i>	
<i>Neath & Brecon Rw.</i>		Fell-Lokomotiven	186			Reihe VI	75f.
„Progress“	32						

<i>Semmering-Bahn</i>		8000	157	<i>Central de Aragon</i>		Reihe 222	113
„Bavaria“	28f.	8001	158	Reihe 100	71	Reihe 324	104, 123
CB'-Stütztender-Lokomotiven	74	<i>Südwestbahn</i>		Reihe 200	71	Reihe 325	122
„Seraing“	30, 32	B-Kondenslokomotive	169	Südafrika		Reihe 328	123
„Vindobona“	30	<i>Transkaukasusbahn</i>				Reihe 342	123
„Wiener Neustadt“	29f., 36	Reihe H	33	<i>South African Rw.</i>		Reihe 375	123
<i>Staatsbahn</i>		Reihe φ	33	Reihe FC	66	Reihe 376	123
Reihe TIVa	76	<i>Transsibirische Bahn</i>		Reihe FD	66	Reihe 401	45, 123
Reihe 4	122	Reihe I	46	Reihe GA	66	Reihe 422	45
Reihe 9	112	Schweden		Reihe GCA	66	Reihe 442	123
Reihe 80	202, 204	Ljungström-Dampfturbinen-		Reihe GD	66	Reihe 601	43, 45f., 123
100.01	8f.	Versuchslokomotive	144ff.	Reihe GDA	66	Reihe 651	45
Reihe 174	122	<i>Naßjoe-Oscarsholm-Bahn</i>		Reihe GE	67, 176	Reihe Ie	113
Reihe 180	7	Fairlie-Lokomotiven	32	Reihe GF	66f.	Reihe If	113
<i>Wiener Stadtbahn</i>		<i>Staatsbahn</i>		Reihe GH	67f.	Reihe IIIq	122
30.83	167	Reihe A	147	Reihe GL	66, 71	Reihe IVd	45
Peru		Reihe F	145f.	Reihe GMA	68	Reihe IVe	45
B'B'-Feldbahnlokomotive	204	<i>TGOJ</i>		Reihe GMAM	68	Reihe VIm	45
Polen		Reihe Mt3	150f.	Reihe GO	68	USA	
<i>Staatsbahn</i>		Schweiz		Reihe HF	67	Camelback-(Mother Hubbard-)	
Reihe Tyyl	42	<i>Appenzeller Straßenbahn</i>		Reihe ME	60	Lokomotiven	99
Rußland, UdSSR		Reihe HG2/3	180	Reihe MG	66	Climax-Lokomotiven	89f.
<i>Archangelsk-Wologda-Bahn</i>		<i>Jura-Simplon-Bahn</i>		Reihe MH	60	Colburn-Lokomotiven	97
Mallet-Lokomotiven	46	Reihe A3/5	123	Reihe MJ	205	„Onward“	74
<i>Moskau-Kasaner Bahn</i>		Reihe B3/4	112	Reihe NG	67f.	<i>Ausstellungsbahn</i>	
Reihe θ	46	<i>Gotthardbahn</i>		Reihe U	171	<i>in Philadelphia</i>	
<i>Odessaer Straßenbahn</i>		Brownsche Lokomotiven	27	Reihe 20	171	B'2'-Single-Fairlie-	
B-Kondenslokomotive	169	Reihe D4/4	123	Reihe 25		Lokomotive	74
<i>Staatsbahn</i>		<i>Nordost-Bahn</i>		Sudan		<i>Atchison, Topeka & Santa Fe</i>	
AA20-1	12, 71	Reihe A2/4	112	<i>Sudan Military Rw.</i>		Reihe 1300	49
Reihe IC	157	<i>SBB</i>		Kondenslokomotiven	167	Reihe 3000	127
Reihe K	157	Reihe B3/4	147	Tansania		Reihe 3300	127
OP23-01	27	Reihe E3/3	208	<i>East African Rw.</i>		<i>Baltimore & Ohio RR Comp.</i>	
Reihe П34	46	Reihe Eb3/5	118, 138	Reihe 59	68f., 71	„Atlantic“	87
Reihe П38	46f.	1801	147f.	<i>Tanganjikabahn</i>		Camel-Lokomotiven	97
Reihe C	158	<i>Wädenswil-Einsiedeln-Bahn</i>		1'D-Schlepptenderlokomotiven	205	Crab-Lokomotiven	87f.
Reihe CO	104, 169	Wetli-Lokomotive	185	Togo		Grasshopper-Lokomotiven	86
Reihe CO17	104, 169	<i>Rigi-Bahn</i>		<i>Lome-Paline-Bahn</i>		Hayes-Ten-Wheeler-	
Reihe CO19	169	Zahnradlokomotiven	179f.	B'B'-Mallet-Tenderlokomotiven	205	Lokomotiven	97
Reihe CO ^K	169	Simbabwe				Muddigger-Lokomotiven	88f.
TΠ1-1	157f.	<i>National Rw.</i>		Ungarn		Reihe DD	47
Reihe ΦΔ	104, 158	Reihe 14A	68	Grund-Reibradlokomotiven	94	Reihe DD1	47
Reihe ΦΔ ^K	169	Reihe 15	69	<i>Staatsbahn</i>		Reihe E-27	124
Reihe Э ^r	169	Reihe 16	176	Reihe MI	123	Reihe EL-1 bis EL-6	52
Reihe Э ^{rk}	168f.	Reihe 18	176	Reihe MIa	122f.	Reihe EM-1	55f.
Reihe Э ^M	104, 169	Reihe 19	171	Reihe MII	123	Reihe J-1	125
Reihe Э ^{MK}	169	Reihe 20	69	Reihe 10	123	Reihe KB1 und KB1a	56
Reihe Э ^y	104	Spanien		Reihe 11	123	Reihe KK-1	125
Reihe Я-01	71f.	<i>Andalusische Eisenbahnen</i>		Reihe 12	123	Reihe KK-2	125
		Reihe 062	39f.			Reihe KL-1	49
						Reihe MK-1	49, 125
						N-1	16f.

Reihe 0	47	Reihe L-132	51	Reihe Z8	57	<i>Sinnemahoning Valley RR</i>	
Reihe 0-odd	49	<i>Duluth, Missabe & Iron</i>		<i>Norfolk & Western</i>		„E. T. Johnson“	40
Reihe P-9a	124	<i>Range Rw. Comp.</i>		Reihe A	56 f., 155	<i>Southern Pacific</i>	
Reihe Q-1, Q-1x, Q-1xa	124	Reihe M-3 und M-4	53 ff.	Reihe J	166 f.	Reihe AC1	49 f.
Reihe T-1	125	<i>Erie RR</i>		Reihe Y-2	51	Reihe AC2	49
Reihe T-2	125	Reihe L1	48	Reihe Y-6 und Y-6b	51, 56 f., 155	Reihe AC3	49
Reihe V-1 bis V-4	125	Mallet-Verbundlokomotive	50	2300	154 ff.	Reihe GS2 bis GS4	165
<i>Central Pacific</i>		Reihe P-1	26	<i>Pennsylvania RR Comp.</i>		Reihe MM-2	48
„Janus“	35	<i>Great Northern</i>		Camel-Lokomotiven	97	<i>Southern Rw.</i>	
<i>Chesapeake & Ohio</i>		Reihe M1 und M2	49	HC1s	52	Triebtenderlokomotiven	27
Reihe AC-4 bis AC-8	53	Reihe N-1 bis N-3	52	HH1s	50	<i>South Jersey Rd.</i>	
Reihe AC-9	53	Reihe 1800	48	Reihe K4s	17	Holmann-Lokomotive	94 f.
Reihe AC-10 bis AC-12	53	<i>Madison & Indianapolis RR</i>		Q-1	18	<i>Sugar Loaf Coal Comp.</i>	
Reihe H-6	48	Cathcart-Zahnradlokomotive	179	Reihe Q-2	18	„geared engine“	88
Reihe H-7	50, 57	<i>Marysville & Northern Rw.</i>		S-1	17	<i>Union Pacific</i>	
Reihe H-8	50, 57 f.	Baldwin-Getriebelokomotive	90	S2	152	Dampfturbinen-Doppellokomotive	152 ff.
Shay-Lokomotiven	89	<i>Mc Cloud River RR</i>		Reihe T-1	17 f.	Reihe 3600	52
Reihe T-1	50	C+C-Lokomotive	31	<i>Philadelphia & Reading Rd.</i>		Reihe 3900	56 f.
Reihe 500	153 f.	Heisler-Lokomotive	90	Camel-Lokomotiven	97	Reihe 3950	57
<i>Chicago, Milwaukee, St. Paul & Pacific</i>		<i>Mount Washington Rw.</i>		Reihe P-6	99 f.	Reihe 4000	58
Reihe A	165	Zahnradlokomotive	179	„Pennsylvania“	7 f., 98	Reihe 9000	11
Reihe F-7	166	<i>New Bedford Rd.</i>		<i>Pittsburgh & West Virginia</i>		<i>Virginian Rw. Comp.</i>	
<i>Chicago & North Western</i>		„William Mason“	74	<i>Rw. Comp.</i>		Reihe X-A	27
Reihe E-4	166	<i>New York Central</i>		Reihe 1100	56	Reihe 800	52
<i>Croft Lumber Comp.</i>		„Commodore Vanderbilt“	164 f.	<i>Providence,</i>		<i>Western Maryland Rw. Comp.</i>	
Baldwin-Getriebelokomotive	90	Reihe J-1e	164	<i>Warren & Bristol Rd.</i>		Shay-Lokomotiven	89
<i>Delaware & Hudson RR Comp.</i>		Reihe J-3	164 f.	„Annawomscatt“	74	<i>Western Pacific RR Comp.</i>	
„Horatio Allen“	134 f.	800	136 f.	„Pokanoket“	74	Reihe 250	51
„James Archibald“	136	<i>New York & Erie</i>		<i>Reading Comp.</i>		<i>Western RR of Massachusetts</i>	
„John B. Jervis“	135 f.	Camel-Lokomotiven	97	2'B1'-Inspektionslokomotive	193	Muddigger-Lokomotiven	88 f.
„L. F. Loree“	136	<i>New York,</i>		<i>Seaboard Air Line RR Comp.</i>			
<i>Denver & Rio Grande</i>		<i>New Haven & Hartford RR</i>		Reihe R1	56		
<i>Western RR Comp.</i>		Reihe I5	165 f.	Reihe R2	56		
Reihe L-131	50 f.	<i>Northern Pacific Rw. Comp.</i>					
		Reihe Z-5	52				

ISBN 978-3-0348-6757-3
DOI 10.1007/978-3-0348-6756-6

ISBN 978-3-0348-6756-6 (eBook)

© Springer Basel AG 1985
Ursprünglich erschienen bei VEB Verlag Technik, Berlin 1985
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1985
Gesamtherstellung: Druckkombinat Berlin

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Lehmann, Raimar:
Dampflok-Sonderbauarten / Raimar Lehmann. —
Basel ; Boston ; Stuttgart : Birkhäuser, 1985.

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren – reproduziert oder in eine für Maschinen, insbesondere Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden.