Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 79 (1961)
Heft: 24: SIA 67. Generalversammlung in Winterthur vom 23. - 25. Juni 1961

Artikel: Die neueste Entwicklung der Diesellokomotiven der SBB
Autor: Loosli, H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-65547

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Vermehrte Einsicht technisch-historischer Art bedeutet schliesslich auch für die Fachspezialisten entschiedenen Gewinn. Diesen Kreisen ermöglicht das Technorama bei systematischem Studium der Objekte eine Vertiefung ihres Wissens; es bringt sie in direktere Beziehung mit manchen durch die berufliche Tätigkeit lediglich tangierten Nachbargebieten und erlaubt einen Gesamtüberblick über das technisch-industrielle Arbeiten unseres Volkes. Die Geschichte der Technik und jene unserer engeren Heimat erschliessen im Verein mit dem Besuch technischer Ausstellungen und Sammlungen jedem Interessierten, allen eng gezogenen Grenzen des jeweiligen Fachgebietes zum Trotz, den Ausblick in die grossen geschichtlichen Entwicklungen der Menschheit.

Wissenschafter, Ingenieure und Techniker haben das Weltbild der Gegenwart geformt. Von ihrer Arbeit dürfte in erster Linie auch dessen künftige Weiter- und Umgestaltung abhängen. Der Bedarf an mit den Belangen von Wissenschaft und Technik vertrauten Menschen wird ständig grösser, und das in allen Teilen der Welt. Man spricht gegenwärtig viel und gern über die Notwendigkeit der Förderung unseres technisch-wissenschaftlichen Nachwuchses, über das Zwingende einer Verbesserung seiner Ausbildung. In beiden Fällen handle es sich um Kardinalprobleme unserer Exportindustrie, wird verkündet. Das Beste sei zur Schulung dieses Nachwuchses gerade gut genug, erklären die Fachleute. Die Wirklichkeit hinkt solcher Erkenntnis allerdings ziemlich stark hintennach. Gewiss, unsere Bildungsanstalten aller Stufen dürfen sich sehen lassen. Dennoch ist zu bedenken: Genau wie mit seinen Exporterzeugnissen sollte das Schweizervolk auch bezüglich der beruflichen Ertüchtigung seiner Jugend dem Ausland um mindestens eine Nasenlänge voraus sein. Da könnte das Technorama zum Prüfstein werden. An seiner baldigen Verwirklichung sind nämlich — richtig gesehen — in vorderster Linie nicht die Winterthurer Industriellen, nicht die Eulachstadt und nicht der Kanton Zürich interessiert, sondern der Bund und alle übrigen Kantone, selbst die jenseits der Sprachgrenzen gelegenen. Jahr um Jahr lässt sich das Schweizervolk seine militärische Unabhängigkeit über eine Milliarde Franken kosten. Ist die wirtschaftliche Behauptung unseres Landes nicht ebenfalls von grösster Wichtigkeit und hängt diese nicht weitgehend von der Tüchtigkeit des technischen Nachwuchses ab? Eben dieser Jugend aber will das Technorama zeigen, welcher Anstrengungen und Taten, welcher Spitzenleistungen und vor allem welcher Unsummen an Arbeit und Vertrauen es bedurfte und weiterhin bedarf, damit auf kärglicher Scholle mehr als 5 Millionen Menschen sich eines Lebensstandards erfreuen, der sich mit jenem aller übrigen Industrievölker der Erde getrost vergleichen lässt.

Adresse des Verfassers: Dr. *E. Waldmeyer*, Pfarrgasse 612, Herrliberg/ZH.

Die neueste Entwicklung der Diesellokomotiven der SBB

Von **H. Loosli**, dipl. Ing., Winterthur

DK 625.282—843.6

1. Einleitung

Das aus dem Jahre 1955 stammende Zehn-Jahres-Programm der SBB[1]) sieht u.a. vor, die veralteten, in Betrieb und Unterhalt teuer gewordenen Dampflokomotiven bis zum Jahr 1965 durch moderne elektrische und thermische Triebfahrzeuge zu ersetzen. Das Programm, dessen zahlenmässige Entwicklung aus Bild 1 hervorgeht, konnte bis anhin weitgehend planmässig abgewickelt werden. Zu Beginn dieses Jahres war rund die Hälfte der zur Beschaffung vorgesehenen Dieseltriebfahrzeuge grösserer Leistung in Betrieb, und bis 1964 werden pro Jahr durchschnittlich ungefähr deren zwanzig zur Ablieferung kommen. Parallel dazu wird der Bestand an Dampflokomotiven, welcher sich seit Kriegsende infolge der laufend durchgeführten Elektrifikationen stetig verminderte, rasch abnehmen, um mit der Auslieferung der letzten Diesellokomotiven auf Null abzusinken. Eine deutlich fallende Tendenz im Bestand an Dampfrangierlokomotiven setzte erst in den Jahren 1957/58 ein, nachdem die ersten Dieselrangierfahrzeuge zur Ablieferung gelangt sind. Der Bestandesverlauf der Dampfrangierlokomotiven bleibt auch fernerhin eng an die Anzahl der neu in Betrieb gesetzten Diesellokomotiven, elektrischen Rangierlokomotiven und Traktoren gebunden.

Eine Hauptaufgabe bei der Planung des Ersatzes des Dampflokomotivparkes durch andere thermische Fahrzeuge bildete die Typenwahl. Ihr voraus ging eine eingehende, in den Jahren 1954 und 1955 durchgeführte Analyse des gesamten unabhängig vom Fahrdraht durchgeführten Rangierbetriebes der SBB, was mit Hilfe von drei im Ausland gebauten Diesellokomotiven verschiedener Leistungsklassen geschah. Die Auswertung der Versuche führte schliesslich zur Festlegung von drei verschiedenen Diesellokomotivtypen, deren Hauptdaten der Tabelle 1 entnommen werden können, und die folgende Aufgaben zu erfüllen haben:

1. Eine schwere Diesellokomotive vom Typ Bm 6/6 für den schweren Rangierdienst in grossen Rangierbahnhöfen, zur Führung von Güter- und Ueberfuhrzügen auf nicht elektrifizierten Strecken und als Ersatz der Hilfslokomotiven in grösseren Lokomotivdepots.
2. Eine mittelschwere Diesellokomotive vom Typ Bm 4/4 geeignet für den mittelschweren Rangierdienst als Ersatz der Dampflokomotiven vom Typ E 4/4 sowie zur Verwendung als Hilfslokomotive in kleineren Lokomotivdepots.
3. Eine Dieselrangierlokomotive vom Typ Em 3/3 für den mittelschweren bis leichten Rangierdienst als Ersatz der Dampflokomotiven vom Typ E 3/3 und E 4/4.

Die vorerwähnte Analyse des Rangierbetriebes bildete auch die Grundlage zur Aufstellung des Beschaffungsprogrammes für Traktoren. Unter diesen seien besonders die Zweikrafttraktoren erwähnt, welche als elektrische, vom Fahrdraht gespiesene Triebfahrzeuge verkehren können und zusätzlich mit einem Dieselmotor für vom Fahrdraht unabhängigen Betrieb ausgerüstet sind. Diese Fahrzeuge, von welchen ein leichter und ein schwerer Typ gebaut wurde, ersetzen leichte Dampflokomotiven und überalterte Benzin- und Akkumulatorentraktoren beim Einsatz in nicht voll elektrifizierten Rangieranlagen auf sehr wirtschaftliche Weise.

Zusammen mit der Wahl der Diesellokomotivtypen war über einige grundsätzliche Fragen technischer Natur zu entscheiden. So wurde im Sinne einer spezifisch schweizerischen Lösung für alle Lokomotiven die elektrische Leistungsüber-

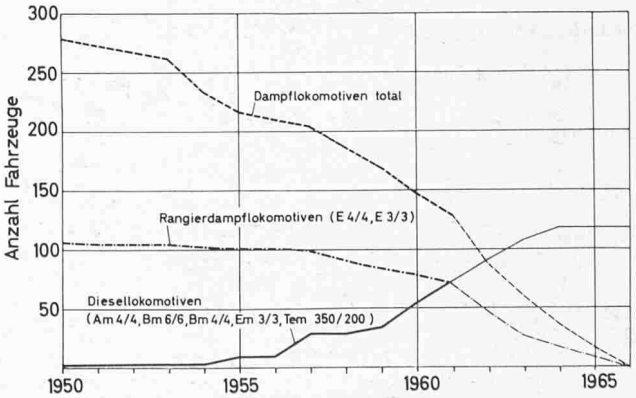


Bild 1. Bestand an thermischen Lokomotiven von 1950 bis 1966. (Von 1961 bis 1966 ungefähr)

[1]) «Schweizerische Bauzeitung», 75. Jahrg. 1957, Nrn. 29 und 30: Die Erneuerungsplanung des Rollmaterials der SBB, von Dr. h. c. *Franz Gerber*.

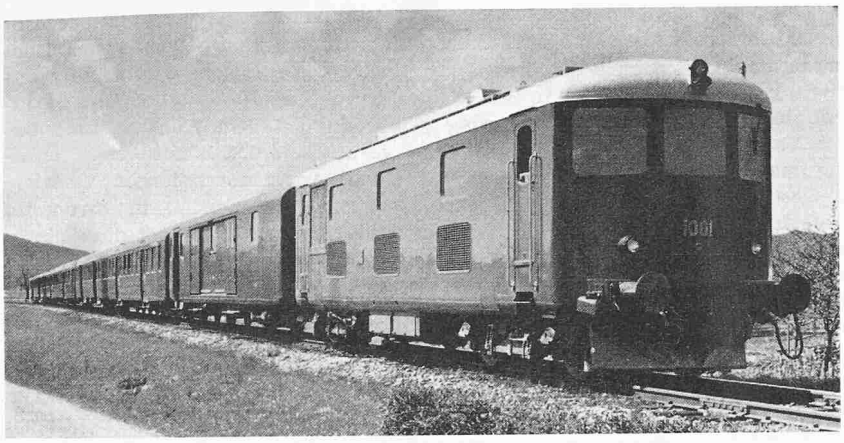


Bild 2. Dieselelektrische Streckenlokomotive Am 4/4, Baujahr 1939

tragung gewählt unter voller Ausnützung der Vorteile, welche dieses Transmissionssystem zu bieten vermag. Es betrifft dies die Möglichkeit des Einbaues einer wirksamen elektrischen Bremse sowie die Kombination des Unterhalts der Diesellokomotiven und der rein elektrischen Triebfahrzeuge. Ferner wurde mit Rücksicht auf das Personal, die Sicherheit des Betriebes und die Anwohner von Rangieranlagen eine wirksame Schalldämpfung der Fahrzeuge gefordert. Diese haben zudem möglichst einfach in Aufbau und Bedienung sowie anspruchslos im Unterhalt zu sein.

Nachstehend wird im einzelnen auf die Entwicklung der Dieseltriebfahrzeuge der SBB eingetreten, wobei die in jüngster Zeit abgelieferten Typen besondere Erwähnung finden sollen.

2. Die dieselelektrische Streckenlokomotive Am 4/4

Die erstmals an der Landesausstellung 1939 der Oeffentlichkeit vorgestellte dieselelektrische Lokomotive Am 4/4 durfte im damaligen Zeitpunkt als Spitzenprodukt der schweizerischen Lokomotivindustrie bezeichnet werden (Bild 2). Die beiden Lokomotiven gleichen Typs wurden von den SBB zur Belebung des Verkehrs und zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von mit Dampf betriebenen Linien angeschafft, und sie versehen noch heute ihren Dienst auf der Strecke Etzwilen - Singen.

Mit Rücksicht auf den Einsatz auf Nebenlinien durfte der maximale Achsdruck der Fahrzeuge 16 t nicht überschreiten. Um jedoch eine freizügige Verwendung der Lokomotiven sicherzustellen, deren mechanischer Teil von der Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik (SLM) in Winterthur gebaut wurde, wurde deren Höchstgeschwindigkeit auf 110 km/h festgelegt, was den Einbau von vollständig abgefederten Fahrmotoren bedingte, welche ihr Drehmoment über Einzelachs-Federantriebe auf die Triebachsen übertragen. Im übrigen sind im Laufwerk bereits die Konstruktionsprinzipien verwirklicht, wie sie in der Folge auch für die Entwicklung elektrischer Lokomotiven hoher Achsdrücke richtungweisend wurden, nämlich: laufachslose Bauart, leichte, geschweisste Drehgestelle und tiefer Angriffspunkt der von den Drehgestellen auf den Lokomotivkasten übertragenen Zugkräfte. Der Kasten der Am 4/4 wurde in seiner äussern Form der ruhigen und klaren Lienienführung der neuen Leichtstahlwagen angepasst und aus-

Tabelle 1. Hauptdaten der Diesellokomotiven der Schweizerischen Bundesbahnen

Typ		Am 4/4	Bm 6/6	Bm 4/4	Em 3/3	Em 3/3	Tem 350/175
Nummer		18451/18452	18501 u. f.	18401 u. f.	18801—18806	18807 u. f.	1 u. f.
Anzahl Lok. im Betrieb		2	14	6	6		35
Anzahl Lok. im Bau						35	10
Inbetriebsetzung ab		1939	1954	1960	1959	1962	1955
Achsanordnung		Bo'Bo'	Co'Co'	Bo'Bo'	C	C	Bo
Dienstgewicht	t	65	105	72	50,5	48	33
Länge über Puffer	mm	14 900	17 000	12 650	9960	9960	7350
Totaler Achsstand	mm	11 000	12 900	8620	4000	4000	3200
Triebraddurchmesser	mm	1040	1040	1040	1040	1040	1040
Uebersetzungsverhältnis		1:5,375	1:5,93	1:5,93	1:6,75	1:6,75	1:4,8
Anzahl Fahrmotoren		4	6	4	2	2	2
Nennleistung des Dieselmotors	PS	1200	2 x 850	1200	600	600	175
Maximale Anfahrzugkraft am Rad	kg	10 000	34 000	22 000	12 000	12 600	6500* 6000**
Stundenzugkraft am Rad	kg	4370	19 000	13 000	7000	7000	4100* 3200**
Stundenleistung am Rad	PS	820	1300	842	440	440	129* 350**
Stundengeschwindigkeit	km/h	50,6	18,5	17,5 75	17,0	17,0	8,5* 29,5**
Höchstgeschwindigkeit	km/h	110	75	75	65	65	60
Baufirmen		SLM Sulzer BBC	SLM Sulzer BBC SAAS	SLM SAAS	SLM SAAS	SLM SAAS BBC	SLM BBC SAAS (ACMV, Saurer)
Brennstoffvorrat	l	1750	3000	2000	1400	1400	250
Leistungsgewicht	kg/PS	54	62	60	84	80	188* 94**
Achsantrieb		Einzelachs-Federantrieb		Tatzlagerantrieb			

* Dieselbetrieb
** Rein elektrischer Betrieb

gesprochen leicht gebaut, um eine möglichst leistungsfähige thermische und elektrische Ausrüstung aufnehmen zu können. Obwohl diese der damaligen Entwicklung entsprechend verhältnismässig schwer ausfiel, hat die Am 4/4 auch heute noch das kleinste Leistungsgewicht aller Diesellokomotiven der SBB (siehe Tabellen 1 und 2).

Das Fahrzeug ist mit einem achtzylindrigen, aufgeladenen Sulzer-Dieselmotor Typ 8LDA28 von 280 mm Bohrung ausgerüstet, welcher bei einer Drehzahl von 750 U/min 1200 PS leistet (Bild 3, Tabelle 3). Der Motor steht am Anfang der Entwicklung der von Sulzer in verschiedenen Typen und grösserer Zahl gebauten aufgeladenen Lokomotiv-Dieselmotoren und weist bereits deren grundsätzliche Merkmale auf. Kurbelgehäuse und Zylinderblock der einfach und klar konzipierten Maschine sind als kombinierte Stahlguss- und Schweisskonstruktion ausgeführt. Die einzelnen Zylinderköpfe sowie die wassergekühlten Zylindereinsätze sind aus Spezial-Grauguss hergestellt, und die Kolben bestehen aus Leichtmetall. Der Hauptgenerator mit aufgebautem Abgasturbolader ruht auf den verlängerten Längsträgern des Motors. Wichtige Hilfsmaschinen, wie zum Beispiel die Kühlwasserpumpe und der Kühlerventilator, werden unabhängig vom Dieselmotor durch Elektromotoren angetrieben. Die Forderung, die mittlere Kolbengeschwindigkeit auf einen zulässigen Höchstwert von 9,0 m/s zu beschränken, führte bei dem ziemlich langhubigen Motor zu der verhältnismässig kleinen Nenndrehzahl von 750 U/min. Auch bei der Weiterentwicklung des 8LDA28-Motors wurde diese nicht erhöht und eine Leistungssteigerung ausschliesslich durch Vergrösserung des effektiven Mitteldruckes erzielt.

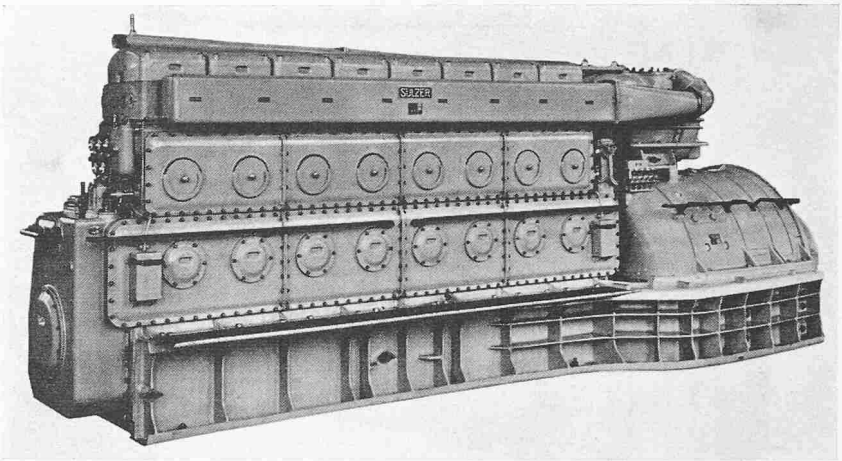


Bild 3. Sulzer-Dieselmotor Typ 8 LDA 28, Baujahr 1939

Tabelle 2. Gewichtsaufteilung der Diesellokomotiven der SBB

Lokomotivtyp		Am 4/4	Bm 6/6	Bm 4/4	Em 3/3	Tem 350/175
Mechanischer Teil	%	41	50	56	60	51
Thermischer Teil	%	25	18	19	16	3
Elektrischer Teil	%	31	28	22	21	42
Ausrüstung, Ballast	%	3	4	3	3	4
Kasten vollständig	%	68	63	61	—	—
Drehgestelle vollständig	%	32	37	39	—	—
Abgefedertes Gewicht	%	91	80	80	78	80
Unabgefedertes Gewicht	%	9	20	20	22	20
Dienstgewicht	t	65	105	72	48	33

Tabelle 3. Technische Daten der in den Diesellokomotiven der SBB eingebauten Dieselmotoren

Typ		8LDA28	6LDA25	12YD20TrTh	8YD20TrD	6VD20TrTh	12BD11
Hersteller		Sulzer	Sulzer	SLM	SLM	SLM	SLM
Baujahr		1939	1960	1960	1959	1961	1956
Eingebaut in Lok.		Am 4/4 18451/ 18452	Bm 6/6 18 501— 18 514	Bm 4/4 18401 u. f.	Em 3/3 18 801—06	Em 3/3 18 807—41	Tem 350/175 4—45
Nennleistung	PS	1200	850	1200	600	600	175
Nenndrehzahl	U./min	750	850	1200	1200	1200	1800
Spezif. Brennstoffverbrauch*	g/PSh	167,5	167,5	164	170	166	188
Arbeitsweise		4-Takt	4-Takt	4-Takt	4-Takt	4-Takt	4-Takt
Zahl und Anordnung der Zylinder		8 Reihe	6 Reihe	12, V	8, V	6 Reihe	12 Boxer
Zylinderbohrung	mm	280	250	200	200	200	110
Kolbenhub	mm	360	320	240	240	240	140
Mittl. Kolbengeschwindigkeit*	m/s	9,0	9,06	9,60	9,60	9,60	8,40
Art der Kühlung		Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Luft
Effekt. Mitteldruck p_e*	kg/cm²	8,1	9,5	10,0	7,5	10,0	5,63
Zünddruck*	kg/cm²	65	80	85	78	85	85
Aufladung		Abgasturbo	Abgasturbo	Abgasturbo	dynamische Spülung	Abgasturbo	—
Aufladedruck*	ata	1,39	1,94	1,66	—	1,66	—
Ladeluftkühlung		keine	keine	vorhanden	—	vorhanden	—
Kompressionsverhältnis		1:12,7	1:12,7	1:14,0	1:14,0	1:14,0	1:18,0
Leerlaufdrehzahl	U./min	460	420	400	400	400	480
Schmierölfiltrierung		Sieb-filter	Winslow-filter im Hauptstrom	Winslow-filter im Hauptstrom	Winslow-filter im Nebenstrom	Winslow-filter im Hauptstrom	Spaltfilter im Hauptstrom
Gewicht des Dieselmotors trocken	kg	11 200	7200	10 900	7050	5900	1080
Gewicht der Wasser- und Oelfüllung	kg	830	600	400	250	250	32
Leistungsgewicht*	kg/PS	9,3	8,5	9,1	11,8	9,8	6,2
Antrieb der Hilfsmaschinen		teils indirekt	teils indirekt	direkt	direkt	direkt	direkt

* bei Nennleistung und Nenndrehzahl

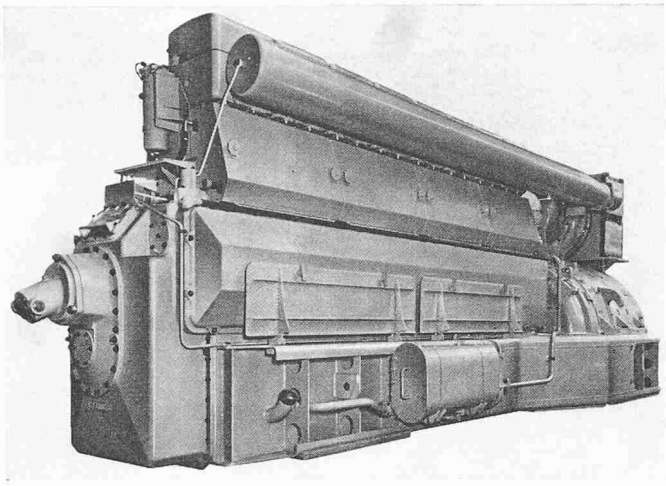


Bild 4. Sulzer-Dieselmotor Typ 8 LDA 28, Baujahr 1960

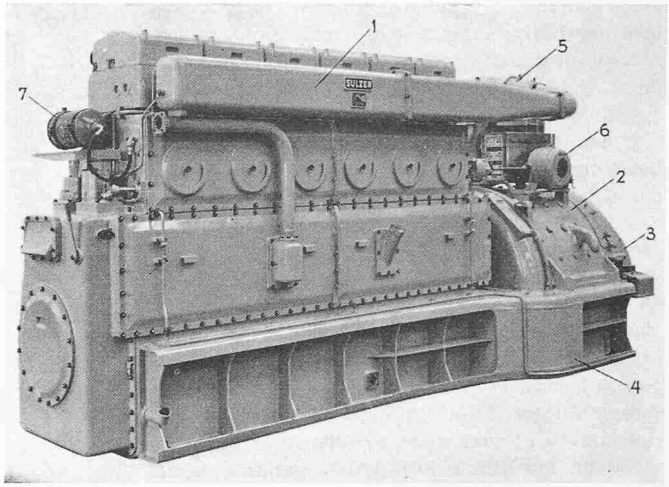


Bild 7. Sulzer-Dieselmotor Typ 6 LDA 25, Baujahr 1960

1 Dieselmotor
2 Hauptgenerator
3 Hilfsgenerator
4 Verlängerte Motorlängsträger
5 Abgasturbolader
6 Servofeldregler mit Widerständen
7 Brennstoffilter

Bild 4 zeigt den im Jahre 1960 in grösserer Stückzahl für die British Railways gebauten 8LDA28-Motor von 1550 PS Nennleistung. Wird dieser zusätzlich mit Ladeluftkühlung betrieben, so kann dessen Leistung bei einem effektiven Mitteldruck von 11,5 kg/cm² auf 1700 PS gesteigert werden.

Die Regulierung des Dieselmotors auf konstante Leistung erfolgt mit der auf Bild 5 schematisch dargestellten, von Brown, Boveri & Cie. entwickelten Servofeldregler-Steuerung. Regelgrösse ist die Drehzahl des Dieselmotors, welche über den Steuerkontroller im Führerstand in vier Stufen eingestellt werden kann. Den einzelnen Drehzahlen können feste Motordrehmomente zugeordnet werden. Als Stellglied zur Leistungsregulierung dient das Einspritzpumpen-Reguliergestänge, auf welches der Fliehkraftregler für konstante Drehzahl einwirkt und dessen Stellung von der Grösse des vorgewählten Drehmoments abhängt. Die Angleichung von Spannung und Strom des Hauptgenerators an die konstante Dieselleistung wird durch Variation der Erregung des Hauptgenerators erreicht. Der im Stromkreis der Fremderregungswicklung eingebaute Regulierwiderstand wird vom Einspritzpumpen-Reguliergestänge über einen druckölbetätigten Servosteuerschieber in der Weise reguliert, dass bei sinkender Drehzahl des Dieselmotors, wie sie infolge Ueberlastung eintreten kann, die Erregung verkleinert und bei steigender Drezahl (infolge Unterlastung) erhöht wird. Die vier in Serie erregten, eigenventilierten Fahrmotoren sind unter sich parallel geschaltet.

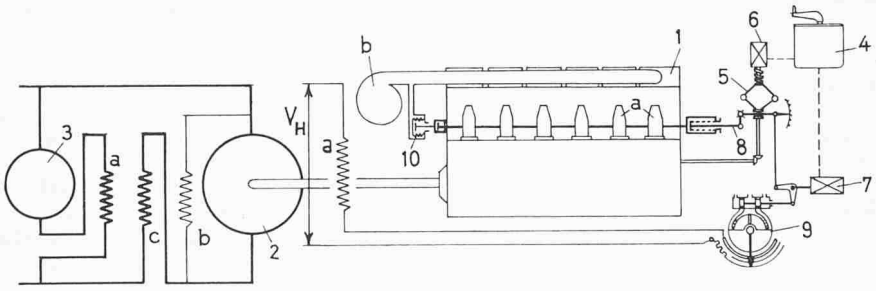


Bild 5. Schema der Servofeldregler-Steue rung

1 Dieselmotor
a Brennstoffpumpe
b Abgasturbolader
2 Hauptgenerator
a Fremderregungswicklung
b Nebenschlusswicklung
c Gegenkompoundwicklung
3 Fahrmotor a Seriewicklung
4 Steuerkontroller
5 Drehzahlregler
6 Drehzahlversteller
7 Drehmomentversteller
8 Regulierstange zu Brennstoffpumpen
9 Servofeldregler
10 Aufladeschutz
V_H konstante Hilfsgeneratorspannung

Das Starten des Dieselmotors geschieht mit Hilfe des von einer Bleibatterie gespiesenen, als Seriemotor wirkenden Hauptgenerators. Als einzige Diesellokomotiven der SBB sind die Am 4/4 mit der Zugheizung ausgerüstet. Die Heizleistung wird von einem direkt mit dem Haupt- und Hilfsgenerator kombinierten, vom Dieselmotor angetriebenen und auf eine konstante Spannung von 1000 V regulierten Einphasen-Heizgenerator aufgebracht. Im Gegensatz zu den später gebauten Diesellokomotiven weist die Am 4/4 ein besonderes 36 V-Netz für Steuerung und Beleuchtung auf, welches über einen Spannungsumformer an das Hilfsgeneratornetz angeschlossen ist, das seinerseits die Motoren des Luftkompressors, der Kühlwasserpumpe sowie des Kühlerventilators speist.

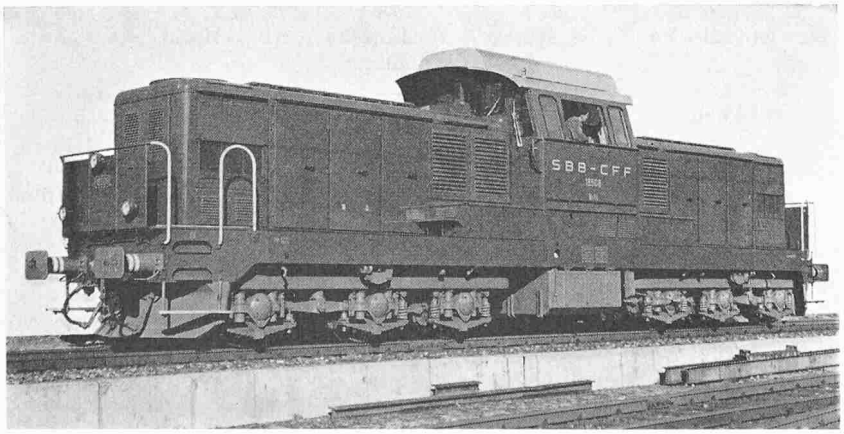
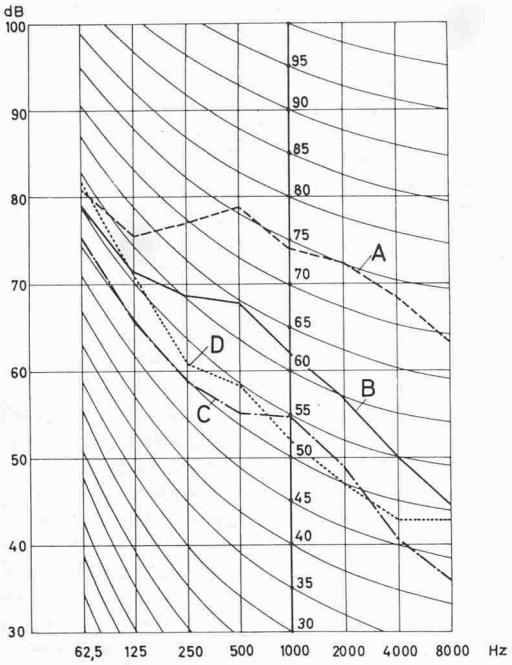


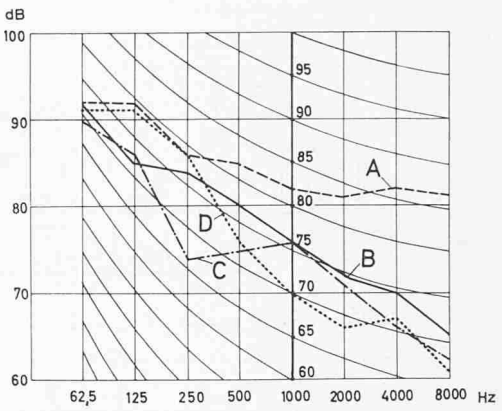
Bild 6. Schwere dieselelektrische Lokomotive Bm 6/6, Baujahr 1960/61

3. Die schwere dieselelektrische Lokomotive Bm 6/6 18501 u. f.

Von dieser schwersten Diesellokomotive der SBB sind in den Jahren 1954/55 vier Prototypen in Betrieb gekommen, welche seither in verschiedenen grösseren Rangierbahnhöfen im Einsatz standen und sich gut bewährten. Seit dem Herbst 1960 ist eine weitere Serie von zehn, im wesentlichen gleich gebauten Fahrzeugen zur Ablieferung gelangt (Bild 6). Die Prototyplokomotive wurde in der SBZ bereits eingehend



Bilder 8 und 9. Frequenzanalyse des Lärms im $^1/_1$-Oktavband verschiedener Diesellokomotiven der SBB. Seitlicher Abstand des Aufnahmemikrophons von der Fahrzeuglängsaxe: 15 m, Abstand über Schienenoberkante: 1,6 m



Legende zu Bild 8 (links). Dieselmotoren im Leerlauf, Fahrzeuge stillstehend

		Lästigkeitswert	Leerlaufdrehzahl	Zylinderzahl
A:	Bm 6/6 unisoliert	76	460 U/min	2 × 6
B:	Bm 6/6 isoliert	65	420 U/min	2 × 6
C:	Bm 4/4	55	400 U/min	12
D:	Em 3/3-Prototyp	59	400 U/min	8

Legende zu Bild 9 (rechts). Dieselmotoren unter Nennlast, Fahrzeuggeschwindigkeit rd. 20 km/h

		Lästigkeitswert	Nennleistung	Nenndrehzahl	Zylinderzahl
A:	Bm 6/6 unisoliert	87	2 × 850 PS	850 U/min	2 × 6
B:	Bm 6/6 isoliert	77	2 × 850 PS	850 U/min	2 × 6
C:	Bm 4/4	76	1200 PS	1200 U/min	12
D:	Em 3/3-Prototyp	79	600 PS	1200 U/min	8

beschrieben [2]), so dass hier vor allem auf die wenigen Unterschiede der beiden Lokomotivserien hinzuweisen ist.

Die Tabellen 1 und 2 geben über die Fahrzeug-Hauptdaten und die Gewichtsaufteilung Auskunft. Bild 7 zeigt den sechszylindrigen, aufgeladenen Sulzer-Dieselmotor Typ 6LDA25, welcher bei 850 U/min eine Leistung von 850 PS entwickelt. Dieser Motor ist nach den gleichen Grundsätzen gebaut wie die im vorstehenden Abschnitt erwähnte 8LDA28-Maschine. Seine Hauptdaten gehen aus Tabelle 3 hervor. Die Regulierung des Dieselmotors auf konstante Leistung erfolgt in prinzipiell gleicher Weise wie bei der Am 4/4 gemäss dem auf Bild 5 dargestellten Schema. Der von Sulzer entwickelte Regler gestattet jedoch eine kontinuierliche Verstellung derDrehzahlen. Die Zuordnung des Drehmomentes zur Drehzahl erfolgt in der Weise, dass der Motor im ganzen Drehzahlbereich mit günstigem spezifischem Brennstoffverbrauch arbeitet. Auf Bild 12 ist das V-Z-Diagramm der Lokomotive, gültig für den Betrieb mit zwei Dieselmotoren, dargestellt.

Die zehn seit kurzem in Betrieb stehenden Bm 6/6 weisen im Gegensatz zu den Prototypen eine wirksame Schallisolation auf. Die Dämpfung des Lärms wurde durch konstruktive und bauliche Massnahmen am mechanischen und thermischen Teil erreicht. Die bei den Prototypen noch vorhandenen Lüftungsjalousien in den Vorbautüren wurden weggelassen und die unvermeidlichen Oeffnungen für das Ansaugen der Verbrennungsluft sowie der Generatorkühlluft durch Einbau von lärmabsorbierenden und -reflektierenden Schikanen als wirksame Schallblenden ausgebildet. Türen, Wände und Dach der Vorbauten sowie der Führerstand wurden inwendig mit einer Antidröhn-Dispersionsplastik von ungefähr zweifacher Blechdicke gespritzt und fast vollständig mit rund 5 cm dicken Schallschluckmatten aus Mineralwollfasern belegt. Der Verminderung des Auspufflärms dienen zwei von der Firma Sulzer entwickelte, auf dem Führerhausdach montierte Schalldämpfer. Die Dämpfer sind als Resonatoren gebaut mit je zwei auf Leerlauf und Vollast abgestimmten Kammern. Um die Wirkung der Resonatoren zu steigern und über den ganzen Last- und Drehzahlbereich des Dieselmotors eine ausgiebige Dämpfung zu erhalten, ist das die Resonatorkammern durchquerende Auspuffrohr mit einem Absorptionsmantel umgeben.

Im Jahre 1960 wurden in der Schweiz auf Veranlassung des dem Internationalen Eisenbahnverband (UIC) unterstellten Forschungs- und Versuchsamtes (ORE) mit Sitz in Utrecht die wichtigsten europäischen Diesellokomotivtypen auf ihr Lärmverhalten untersucht. Bei dieser Gelegenheit kamen u. a. auch eine gegen Lärm isolierte sowie eine nicht isolierte Bm 6/6, Bm 4/4 und eine Em 3/3-Prototyplokomotive der SBB zur Ausmessung. Die Bilder 8 und 9 zeigen das Ergebnis der im 1/1-Oktavband durchgeführten Frequenzanalysen des bei Leerlauf und Nennlast des Dieselmotors registrierten Lärms. Dazu konnte eine von der Generaldirektion der PTT zur Verfügung gestellte Messapparatur benützt werden. Die Bilder sind durch die parabelförmigen ISO-Grenzkurven für konstante subjektiv empfundene Lästigkeit ergänzt, welche durch den Dezibelwert, der dem Schnittpunkt der Kurve mit der 1000 Hz-Ordinate entspricht, definiert ist. Die subjektiv empfundene Lästigkeit eines Lärms ist durch den «Lästigkeitswert» (niveau de nuisance) derjenigen Grenzkurve gegeben, welche die durch die Frequenzanalyse des Lärms gefundene Kurve tangiert. Die nicht isolierte Bm 6/6 zeigt, wie ersichtlich, eine wesentlich grössere Lärmentwicklung als die isolierte. Naturgemäss werden die hohen Frequenzen weit stärker gedämpft als die niedrigen. Gegenwärtig ist die Ausrüstung der vier Prototyplokomotiven mit der Schallisolation im Gang.

4. Die leichte dieselelektrische Rangierlokomotive Em 3/3 18801 u. f.

Mit der Em 3/3 kommt die grösste Serie dieselelektrischer Lokomotiven der SBB in Betrieb. In den Jahren 1959

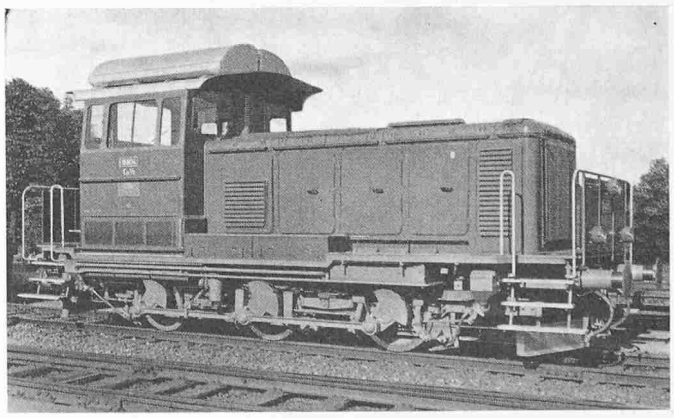
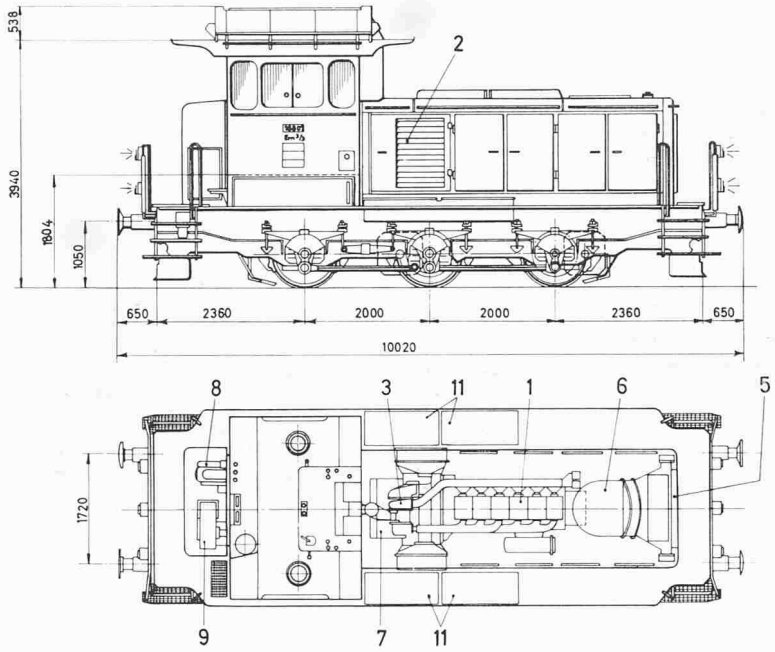


Bild 10. Dieselelektrische Rangierlokomotive Em 3/3, Baujahr 1959/60 (Prototyp)

[2]) Die dieselelektrische Lokomotive Bm 6/6 der SBB, von Dr. *E. Meyer*, SBZ 1955, Nr. 16, S. 219.



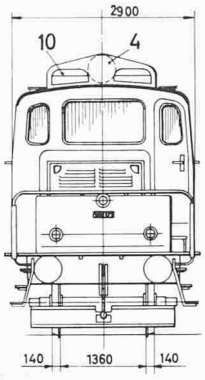


Bild 11. Typenskizze der dieselelektrischen Rangierlokomotive Em 3/3 (Serietyp), Inbetriebsetzung ab 1962

1 Dieselmotor
2 Lufteintritt
3 Abgasturbolader
4 Auspufftopf
5 Wasserkühler
6 Kühler-Ventilator
7 Hauptgenerator
8 Kompressor
9 Fahrmotor-Ventilator
10 Bremswiderstände
11 Anlassbatterien

und 1960 sind sechs Prototypen zur Ablieferung gelangt (Bild 10) und weitere 35 Fahrzeuge stehen im Bau, die ab 1962 ausgeliefert werden. Der Prototyp stellt im mechanischen, thermischen und elektrischen Teil weitgehend eine Neuentwicklung dar und weist verschiedene, erstmals zur Anwendung gelangte konstruktive Merkmale auf. Er diente als Grundlage zum Entwurf der in ihrem Gesamtaufbau leicht modifizierten Serielokomotive (Bild 11).

Leistungsmässig gehört die Em 3/3, deren V-Z-Diagramm Bild 14 entnommen werden kann, in die Klasse der in über hundert Exemplaren gebauten elektrischen Standard-Rangierlokomotiven Ee 3/3. Der Prototyp wie die Serielokomotive, deren mechanischer Teil von der SLM stammt, wurden als dreiachsiges Fahrzeug mit gekuppelten Achsen konzipiert. Die als Schweisskonstruktion ausgebildete Lokomotivbrücke mit Aussenrahmen stützt sich über hochliegende Blattfedern auf die Achskisten ab, deren Gleitbacken wie die entsprechenden Achsbüchsführungen im Rahmen zur Verminderung des Verschleisses mit Platten aus Manganhartstahl belegt sind. Wie bei den übrigen Diesellokomotiven kamen als Achslager Kegelrollenlager zum Einbau. Aus Platzgründen war es nicht möglich, auch zur Lagerung der Kuppelstangen Wälzlager zu verwenden. Die zum Einbau gelangten fettgeschmierten Gleitlager mit «schwimmenden» Büchsen aus reibungsfester Bleibronze haben sich jedoch gut bewährt. Das Fahrzeug ist mit zwei in Tatzlageraufhängung montierten Fahrmotoren ausgerüstet, welche über je zwei gefederte Zahnradgetriebe auf die vordere und mittlere Triebachse wirken. Die Lokomotive ist mit den durch hohes Arbeitsaufnahmevermögen gekennzeichneten Ringfederpuffern ausgerüstet, während die Federelemente der Zugvorrichtung aus Gummi bestehen. Die mechanische Klotzbremse wird über zwei Bremszylinder betätigt, welche je über ein getrenntes Bremsgestänge auf die vordere und hintere Lokomotivhälfte wirken. Um einen hohen Wirkungsgrad des Bremsgestänges zu erreichen und dessen periodische Schmierung im Betrieb zu vermeiden, wurde für die Büchsen zur Aufnahme der Gelenkbolzen ein Kunststoffprodukt (Polyamid) verwendet. Auch die Bremssohlen bestehen aus Kunststoff und zeichnen sich durch geringen Verschleiss und annähernd konstanten Reibungskoeffizienten bei veränderlicher Fahrgeschwindigkeit aus.

Die Aufbauten hatten der Forderung nach einwandfreien Sichtverhältnissen für den Lokomotivführer zu genügen. Diese konnten durch niedrig gehaltene Vorbauten und den Einbau grosser Fenster weitgehend erfüllt werden.

Bei den sechs Prototyplokomotiven mit den Nummern 18801—06 kam ein achtzylindriger V-Motor der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur (SLM), Typ 8YD20TrD, von 60° Gabelwinkel zum Einbau, der bei 1200 U/min 600 PS leistet und dessen Hauptdaten der Tabelle 3 entnommen werden können. Wie aus Bild 15 hervorgeht, ist der Dieselmotor mit dem Hauptgenerator zu einer festen Gruppe verschraubt, welche als Ganzes elastisch auf der Lokomotivbrücke abgestützt wird. Die beiden Zylinderreihen mit individuellen Zylinderköpfen und Einspritzpumpen sind gegeneinander um die Breite des Kurbellagers der

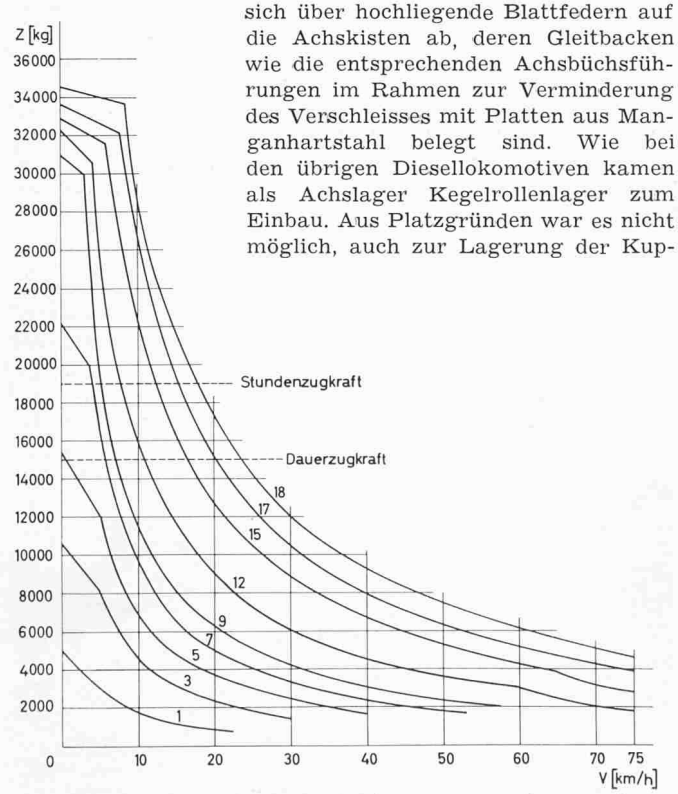


Bild 12. Geschwindigkeits-Zugkraft-Diagramm der schweren dieselelektrischen Lokomotive Bm 6/6. Parameter: Fahrstufe des Steuerkontrollers bzw. Drehzahl des Dieselmotors

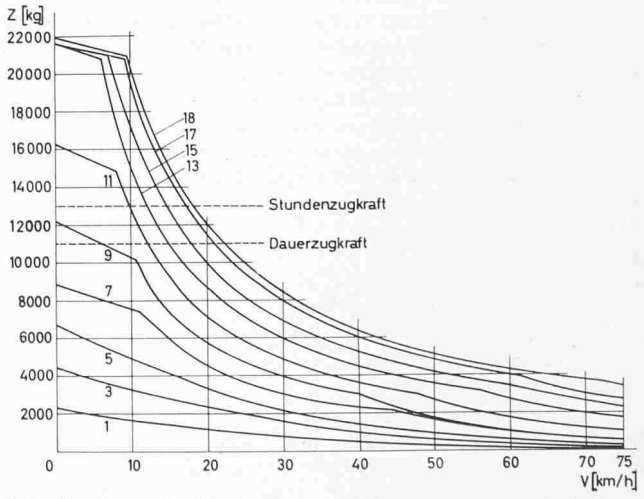
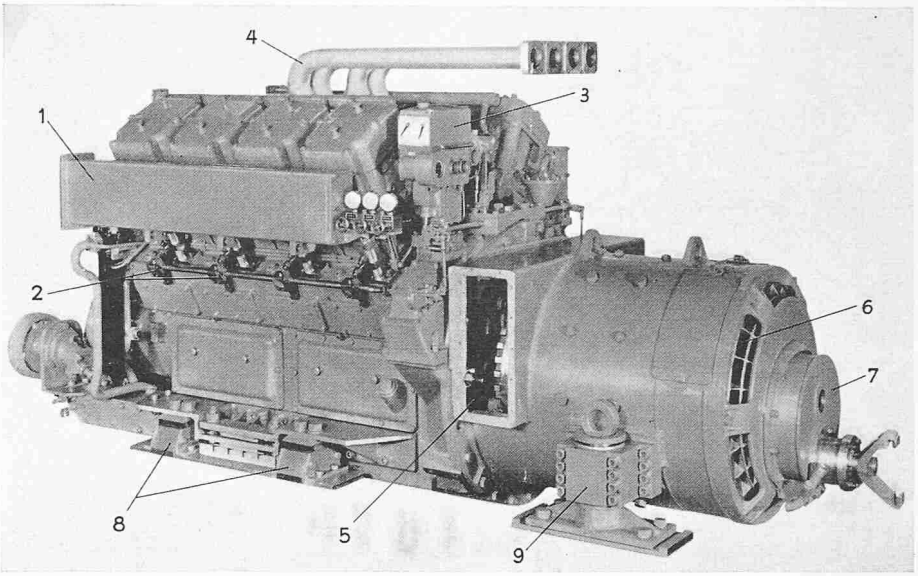


Bild 13. Geschwindigkeits-Zugkraft-Diagramm der mittelschweren dieselelektrischen Lokomotive Bm 4/4. Parameter: Fahrstufe des Steuerkontrollers bzw. Drehzahl des Dieselmotors

Bild 15. SLM-Dieselmotor Typ 8YD20TrD mit angebautem SAAS-Hauptgenerator, Baujahr 1959

1 Luftsammelrohr
2 Brennstoffpumpen
3 Woodward-Drehzahlregler mit eingebautem Servofeldregler
4 Auspuffrohre (1 pro 2 Zylinder)
5 Lufteintritt des Hauptgenerators
6 Luftaustritt des Hauptgenerators
7 Uebersetzungsgetriebe (Antrieb der Hilfsgenerator-Erregergruppe)
8 Elastische Abstützung unter Motor (Uebertragung von Vertikalkräften)
9 Elastische Abstützung unter Generator (Uebertragung von Vertikal- und Horizontalkräften)



Pleuelstange versetzt, welche paarweise nebeneinander auf den Kurbelzapfen sitzen. Die mit sieben Ringen ausgerüsteten Kolben sind aus einer vergüteten Leichtmetallegierung hergestellt und verfügen über einen in sorgfältiger Entwicklung gefundenen Verbrennungsraum. Die gehärtete, geschliffene und dynamisch ausgewuchtete, mit einem Pendel-Schwingungsdämpfer ausgerüstete Kurbelwelle ist in der Grundplatte in fünf Dreistofflagern [3]) gelagert. Die beiden Steuerwellen, welche je in einem auf der Aussenseite der Zylinderreihen angeordneten Trog angebracht sind, betätigen die Ventile und die Einspritzpumpen. Sie werden zusammen mit dem Woodward-Drehzahlregler auf der Generatorseite des Motors über Zahnräder angetrieben. Die Hilfsmaschinen des Dieselmotors, umfassend die beiden Wasserpumpen für den Haupt- und Nebenkreislauf, die Brennstofförderpumpe und die Schmierölpumpe, sind auf der Nicht-Generatorseite angeordnet. Zum Ausgleich der freien Kräfte der hin und her gehenden Massen sind an jedem Motorende je ein Paar exzentrisch gelagerter Schwungmassen angebracht, die mit doppelter Kurbelwellendrehzahl rotieren.

Um den Dieselmotor den im Rangierbetrieb dauernd auftretenden Leistungs- und Drehzahländerungen möglichst anpassungsfähig zu machen, wurde auf den Einbau eines Abgasturboladers verzichtet und statt dessen die dynamische Totraumspülung eingerichtet. Der während der Ueberdeckung der Ein- und Auslassventile am Anfang des Auspuffrohres gewünschte Unterdruck zur Spülung des Verbrennungsraumes wird durch Reflexion der zu Beginn des Auslassvorganges auftretenden Druckwelle an der offenen Mündung des Abgasrohres erzeugt. Die Länge der Abgasrohre, in welchen sich die Druck- und Verdünnungswellen mit den den örtlichen Temperaturen entsprechenden Schallgeschwindigkeiten fortpflanzen, ergibt sich direkt aus dem zwischen Auslasstoss und Beginn der Ventilüberdeckung vorhandenen Zeitintervall und ist der Drehzahl des Dieselmotors in erster Annäherung umgekehrt proportional. Bei der Em 3/3 werden die 5,7 m langen, je für zwei Zylinder zusammen angeordneten Auspuffleitungen auf das Führerhausdach geführt, wo sie in zwei als Schalldämpfer ausgebildete Auspufftöpfe münden. Um die Wirkung der dynamischen Spülung über einen grösseren Drehzahlbereich zu erstrecken, sind die Enden der in den Auspufftöpfen eingebauten Abgasrohre über eine Länge von 2 m konisch ausgeführt. Die dynamische Totraumspülung führt zu einer beinahe vollkommenen Entfernung der Restgase. Sie verkleinert die thermische Belastung des Motors, so vor allem diejenige der Kolben, und erlaubt eine Leistungssteigerung bis gegen 30 %. Bei der achtzylindrigen Maschine der Em 3/3 18801-06 gestattete die dynamische Spülung eine Erhöhung des effektiven Mitteldruckes des Motors von 5,5 auf 7,5 kg/cm².

[3]) Die Lagerschalen bestehen aus drei Stoffen, je einer Büchse aus Stahl, die mit einer Grundschicht und mit einer Oberschicht aus zwei verschiedenen Lagermetallen ausgekleidet sind.

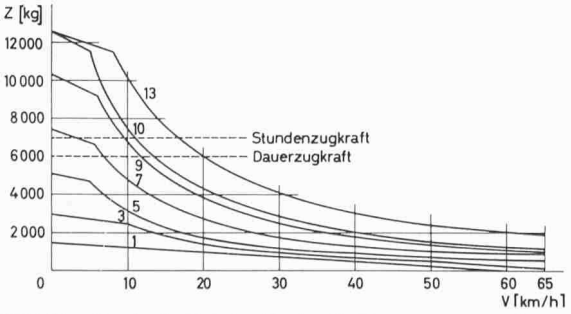
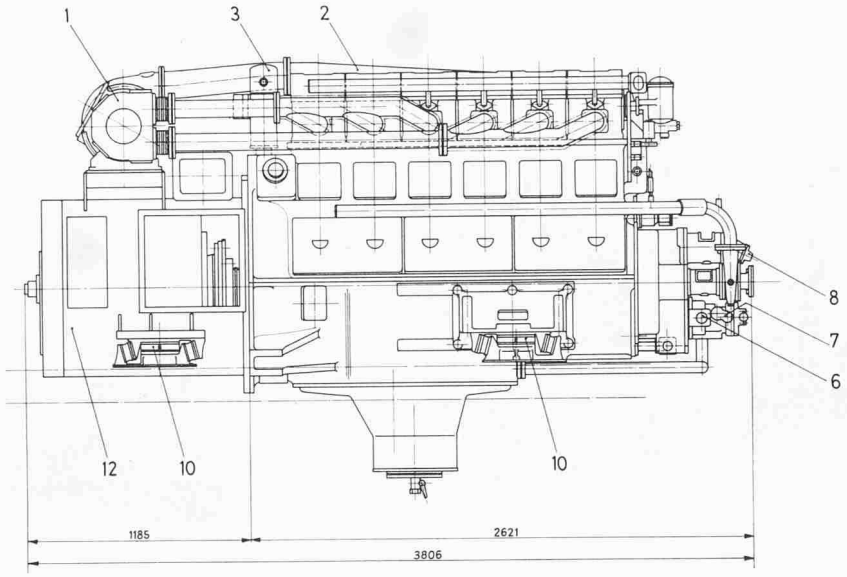


Bild 14. Geschwindigkeits-Zugkraft-Diagramm der dieselelektrischen Rangierlokomotive Em 3/3

Mit Rücksicht auf Gewicht und Preis sowie als Folge der seit dem Entwurf des vorerwähnten achtzylindrigen Motors eingetretenen Weiterentwicklung der Abgasturbolader kommt bei der Em 3/3-Serielokomotive ein sechszylindriger, aufgeladener Dieselmotor der SLM, Typ 6VD20TrTh, mit den auf Tabelle 3 zusammengestellten Hauptdaten zum Einbau. Verschiedene Einzelteile sind mit denen der vorerwähnten achtzylindrigen Maschine identisch. Der Aufbau des Motors geht aus der in Bild 16 dargestellten Typenskizze hervor. Dank der Aufladung konnte der effektive Mitteldruck gegenüber dem dynamisch gespülten Motor von 7,5 auf 10,0 kg/cm² erhöht werden, was eine namhafte Verkleinerung des Leistungsgewichtes zur Folge hat. Bild 17 zeigt das Verbrauchskennlinienfeld des Dieselmotors, gültig für den Betrieb ohne Ladeluftkühlung. Der Motor weist einen optimalen spezifischen Brennstoffverbrauch von 159 g/PSh auf. Kurve A zeigt den durch den Woodward-Drehzahlregler in Abhängigkeit der Drehzahl eingestellten maximalen effektiven Mitteldruck. Bei Verwendung eines Ladeluftkühlers werden die unmittelbar nach dem Ventil gemessenen mittleren Auspufftemperaturen um ungefähr 30 bis 40° C verringert. Die gemeinsame Auspuffleitung des Motors wird, wie aus der Typenskizze des Fahrzeuges gemäss Bild 11 hervorgeht, in einen in der Mitte des Führerhausdaches angeordneten Schalldämpfer geführt.

Um das Innere der Motoren auch auf die Dauer möglichst sauber zu halten und lange Oelwechselfristen zu erreichen, wird der Filtrierung des HD-Schmieröls [4]) grosse Beachtung geschenkt. Die Bestimmung des für alle Lokomotiv- und Schiffsdieselmotoren der SBB benötigten Hochleistungsfilters erfolgte auf Grund ausgedehnter Filter-Vergleichsversuche, welche die Firma Sulzer gemeinsam mit den SBB auf mehreren Bm 6/6-Lokomotiven durchführte. Bei der Em 3/3 Prototyplokomotive sind die Filter im Neben-

[4]) «Heavy duty-Oel».



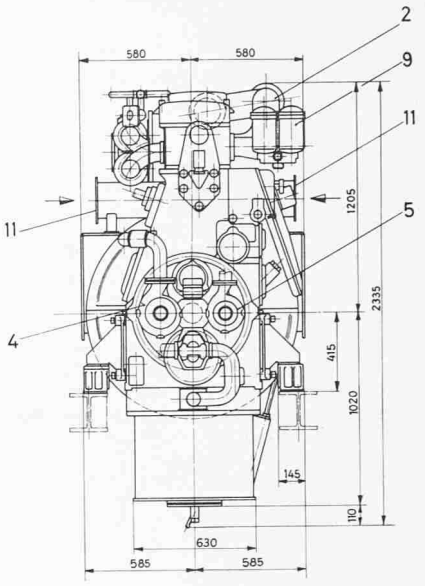


Bild 16. SLM-Dieselmotor Typ 6 VD 20 TrTh mit angebautem Hauptgenerator, Baujahr 1961

1 Abgasturbolader
2 Luftsammelrohr mit eingebautem Ladeluftkühler
3 Woodward-Drehzahlregler
4 Wasserpumpe (Hauptkreislauf)
5 Wasserpumpe (Nebenkreislauf)
6 Schmierölpumpe
7 Brennstofförderpumpe
8 Pumpe zum hydrostatischen Antrieb des Kühlerventilators
9 Brennstoffilter
10 Elastische Abstützung (Uebertragung von Vertikal- und Horizontalkräften)
11 Lufteintritt
12 Hauptgenerator

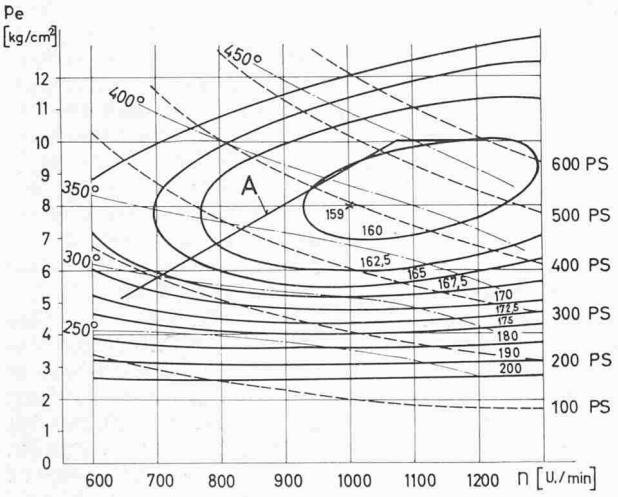


Bild 17. Kennlinienfeld des Dieselmotors 6 VD 20 TrTh für Betrieb mit Abgasschalldämpfer und ohne Ladeluftkühlung

——— Kurven für konstanten spezifischen Brennstoffverbrauch in g/PSh
– – – – Kurven für konstante Leistung
·—·—·— Kurven für konstante Abgastemperaturen (unmittelbar nach Ventilen gemessen)
A Maximaler effektiver Mitteldruck p_e für die Em 3/3-Serielokomotive

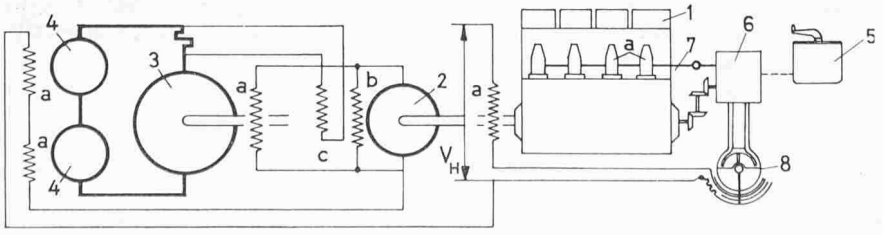


Bild 18. Schema der Servofeldregler-Steuerung der dieselelektrischen Rangierlokomotive Em 3/3

1 Dieselmotor
a Brennstoffpumpe
2 Erregergenerator
a Fremderregungswicklung
b Nebenschlusswicklung
c Gegenkompoundwicklung
3 Hauptgenerator
a Fremderregungswicklung
4 Fahrmotoren
a Fremderregungswicklung
5 Steuerkontroller
6 Woodward-Drehzahlregler
7 Regulierstange zu Brennstoffpumpen
8 Servofeldregler
V_H konstante Hilfsgeneratorspannung (etwa 145 V)

strom und beim Seriefahrzeug im Hauptstrom angeordnet. Auch die Ansaugluft des Dieselmotors wird mit Rücksicht auf dessen Verschmutzung und Verschleiss filtriert. Es kommen dabei ölbenetzte, aus fünf Drahtgeflecht- und Stofflagen aufgebaute, leicht auswechselbare Filter zur Verwendung, welche auch mit zunehmender Verschmutzung eine stets einwandfreie Filtrierung gewährleisten.

Um neben der Dämpfung des Auspuffgeräusches eine weitgehende Verringerung des in den Führerstand und ins Freie dringenden Maschinenlärms zu erreichen, sind die Vorbauten und der Führerstand im gleichen Sinn wie bei der Bm 6/6 sorgfältig isoliert. Der vollständig eingekapselte Dieselmotorraum wird durch die Abluft des Hauptgenerators belüftet. Das Lärmverhalten des Prototyps der Em 3/3 bei Leerlauf und Nennlast des Dieselmotors geht aus den auf den Bildern 8 u. 9 dargestellten Frequenzanalysen hervor. Auffallend sind die verhältnismässig hohen Lärmpegel bei tiefen Frequenzen, was weitgehend auf den Einfluss der dynamischen Spülung zurückzuführen ist. Die Em 3/3-Serielokomotive mit aufgeladenem Dieselmotor lässt eine weitere Verbesserung des Lärmverhaltens erwarten.

Die Abgabe der Kühlwärme des Dieselmotors an die Umgebungsluft erfolgt über den stirnseitig angeordneten Wasserkühler. Bei der Em 3/3-Serielokomotive durchströmt ein Teil des Kühlwassers vor Eintritt in den Dieselmotor einen der Kühlung des Schmieröls dienenden Wärmeaustauscher. Das die Ladeluftkühler durchströmende Wasser wird unabhängig vom Hauptwasserkreislauf in einer beschränkten Anzahl von Kühlerelementen gekühlt. Der Kühlerventilator wird vom Dieselmotor mit hydrostatischen Uebertragungsorganen angetrieben, deren Wirkungsweise im Zusammenhang mit der Beschreibung der Bm 4/4 erläutert wird. Zur Vorwärmung und Konstanthaltung der Temperaturen des Kühlwassers bei abgestelltem Dieselmotor und tiefen Aussentemperaturen sind in den Haupt- und Nebenwasserkreislauf elektrische Heizelemente eingebaut, die von aussen mit Dreiphasen-Wechselstrom gespiesen werden können.

Die Wirkungsweise der Regulierung des Dieselmotors auf konstante Leistung in Verbindung mit der neuartigen, von der Firma Sécheron (SAAS) in Genf ent-

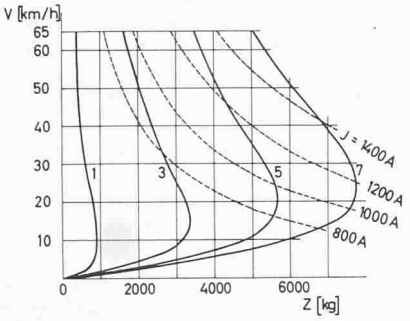
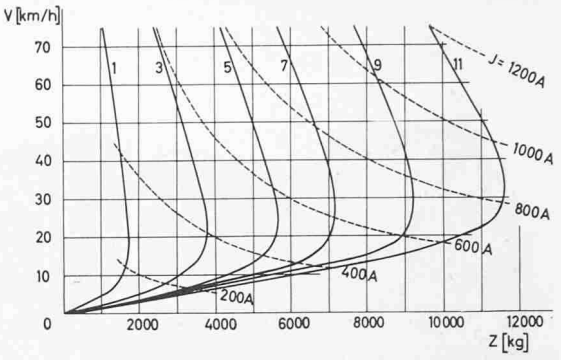


Bild 19 (links). Charakteristik der elektrischen Bremse der Em 3/3. Parameter: Bremsstufe des Steuerkontrollers bzw. Ohmwert des Widerstandes für Fremderregung des Erregergenerators

Bild 20 (rechts). Charakteristik der elektrischen Bremse der Bm 4/4. Parameter: Bremsstufe des Steuerkontrollers bzw. Ohmwert des Widerstandes für Fremderregung des Erregergenerators



worfenen und gebauten elektrischen Uebertragung geht aus dem Schema Bild 18 hervor. Mit Hilfe des im Woodwardregler eingebauten Fliehkraftreglers wird der Dieselmotor auf konstante Drehzahl einreguliert, welche vom Fahrzeugführer mittels seines Fahrhebels vorgewählt werden kann. Jeder Drehzahl wird vom Regler ein bestimmter Sollwert der Zylinderfüllung zugeordnet (siehe Kurve A in Bild 17) [5]. Der Servofeldregler ist im Woodwardregler eingebaut und wird von diesem zur Anpassung der Leistung des Generators an diejenige des Dieselmotors über einen Servosteuerkolben hydraulisch betätigt. Im Gegensatz zu den Lokomotiven Am 4/4 und Bm 6/6 erfolgt die Regulierung der Erregung des Hauptgenerators auf indirekte Weise. Die Fremderregungswicklung des Hauptgenerators wird von einem gemischt erregten Erregergenerator gespiesen, dessen Fremderregung vom Servofeldregler gesteuert wird. Die Erregermaschine wirkt auf diese Weise als Verstärker und gestattet, die vom Servofeldregler zu regulierenden Erregerströme wesentlich kleiner zu halten als bei direkter Regulierung des Hauptgenerators. Servofeldregler und Erregerwiderstände können damit sehr leicht gebaut werden. Die Erregermaschine ist mit dem auf konstante Hilfsgenerator-Spannung V_H regulierten Hilfsgenerator zu einer einzigen Gruppe mit gemeinsamer Ankerwelle und gleichem Gehäuse vereinigt und wird vom Hauptgenerator aus über eine Kardanwelle mit der Uebersetzung von rund 1:2 angetrieben.

Als weitere Neuerung gegenüber der Schaltung der Am 4/4- und Bm 6/6-Lokomotiven ist die Fremderregung der Fahrmotoren zu bezeichnen. Deren Statorwicklung ist einerseits am Hilfsgenerator mit der konstanten Spannung V_H von rund 145 Volt und anderseits am Erregergenerator angeschlossen, dessen Spannung mit abnehmendem Hauptgeneratorstrom rasch ansteigt und sich der Hilfsgeneratorspannung nähert. Die für die Erregung der Fahrmotoren massgebende Differenzspannung wird daher mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit rasch kleiner, was sich in einer selbsttätigen Feldschwächung der Fahrmotoren auswirkt. Wie sich aus der Grundgleichung für das Betriebsverhalten des Gleichstrommotors

$$n = \frac{U - J\,R}{C\,\Phi}$$

mit

n	Motordrehzahl	R	Widerstand des Ankerkreises
U	Motorspannung	Φ	resultierender Feldfluss
J	Motorstrom	C	Konstante

ergibt, kann dadurch ohne Steigerung der Generatorspannung und bei gleichbleibender Leistung ($UJ \simeq$ konstant) eine Drehzahlerhöhung erzielt werden. Diese Schaltung führt daher zu verhältnismässig kleinen maximalen Hauptgeneratorspannungen und entsprechend kleiner Dimensionierungsleistung des Hauptgenerators. Ferner gestattet sie, die Leistung des Dieselmotors über einen verhältnismässig grossen Drehzahlbereich voll auszunützen.

Zum Starten des Dieselmotors wird der Generator an die Anlassbatterie angeschlossen und als Gleichstrommotor betrieben. Eine in Serie mit dem Anker geschaltete besondere Anlasswicklung sorgt für dessen Erregung.

Die Em 3/3 ist mit einer wirkungsvollen elektrischen Bremse ausgerüstet, deren Betriebscharakteristik Bild 19 entnommen werden kann. Auf die Einzelheiten der Schaltung wird im Zusammenhang mit der Beschreibung der Bm 4/4 eingetreten. Im Bereich kleiner Fahrgeschwindigkeiten, wo die elektrische Bremswirkung mit fallender Geschwindigkeit

[5]) Es ist die Aufgabe des Servofeldreglers, diesen Sollwert und damit die Solleistung des Dieselmotors mittels Feldänderungen einzuhalten.

Bild 21. Führerstand der Em 3/3

1 Fahrhebel (Fahren und Bremsen kombiniert)
2 Steuerschalter für Dieselmotor
3 Schalter für Beleuchtung
4 Wendeschalter
5 Führerbremsventil Oerlikon FV 3a
6 Voltmeter-Umschalter
7 Beleuchtungsschalttafel
8 Fünffach-Profilinstrument (Dieselmotor-Drehzahl; Spannung und Strom des Hauptgenerators; Hilfsgenerator-, Erregergenerator- und Batteriespannung; Batteriestrom)
9 Manometer für Druckluftbremse
10 Farbscheibentachograph
11 Fernthermometer für Oel- und Wassertemperaturen des Dieselmotors
12 Fernthermometer für Abgastemperaturen
13 Signallampe für Batterieladung

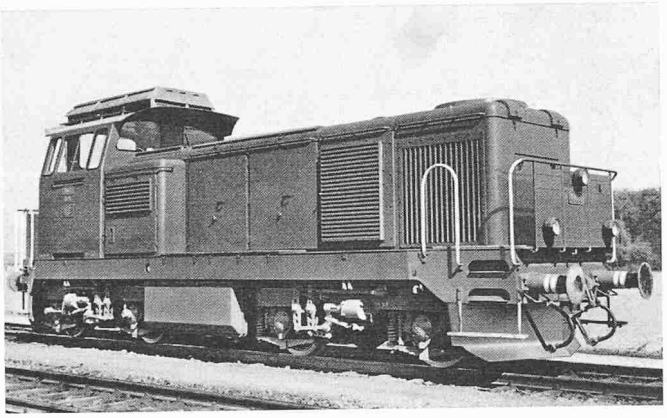


Bild 22. Mittelschwere dieselelektrische Lokomotive Bm 4/4, Baujahr 1960/61

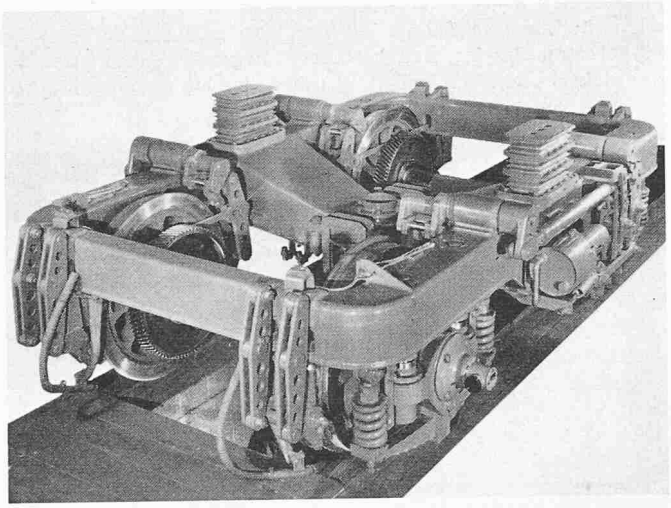


Bild 24. Drehgestell der Bm 4/4 mit ausgebauten Fahrmotoren

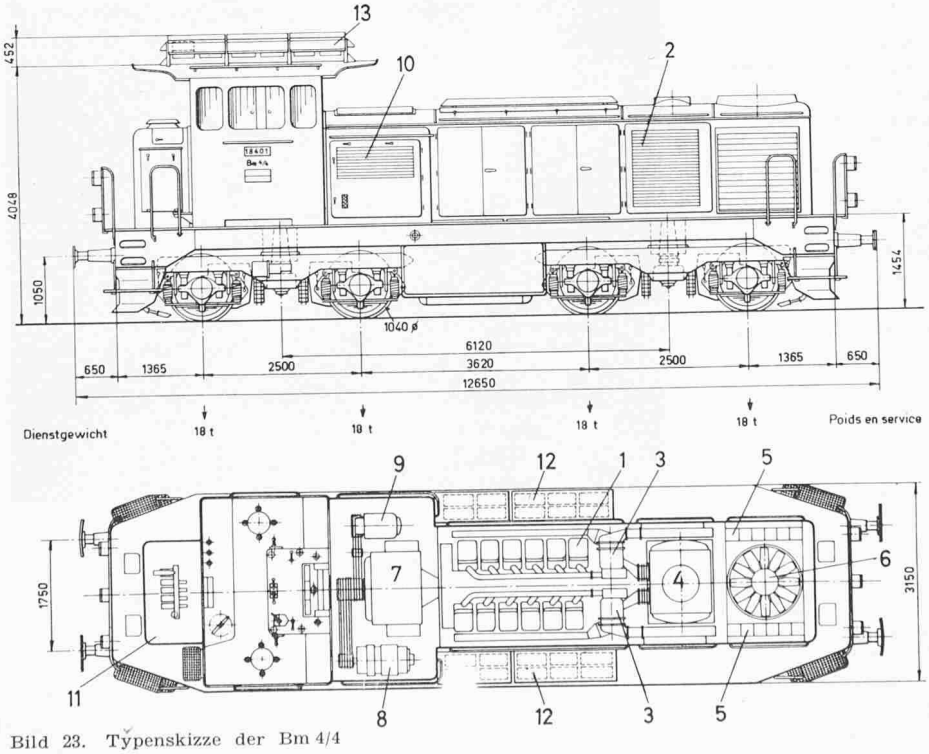


Bild 23. Typenskizze der Bm 4/4

1 Dieselmotor
2 Lufteintritt (Dieselmotor und Fahrmotor-Ventilatoren)
3 Abgasturbolader
4 Auspufftopf
5 Wasserkühler
6 Kühler-Ventilator
7 Hauptgenerator
8 Hilfs- und Erregergenerator
9 Kompressor
10 Lufteintritt für Pos. 7 bis 9
11 Trenn- und Bremshüpfer
12 Anlassbatterie
13 Bremswiderstände

rasch abnimmt, sorgt ein vom Bremsstrom gesteuertes pneumatisches Ventil für konstante Bremskraft, indem es die pneumatisch betätigte Klotzbremse entsprechend der Abnahme der elektrischen Bremskraft mit progressiver Wirkung automatisch in Funktion setzt. Die Bremswiderstände sind bei der Prototyplokomotive unter dem Führerstandsboden angeordnet und werden teilweise durch die Abluft des Hauptgenerators und teilweise durch natürliche Belüftung gekühlt. Bei der Serielokomotive können die Widerstände dank der geringeren Abmessungen des Auspufftopfes auf dem Führerhausdach montiert werden.

Um den Aufbau der Lokomotiven möglichst einfach zu gestalten, werden die Hilfsbetriebe, so der zweistufige Kolbenkompressor hoher Schöpfleistung und der Fahrmotorventilator, mechanisch angetrieben.

Bild 21 zeigt den einfach konzipierten Führerstand. Er enthält nur solche Bedienungshebel und Instrumente, welche zur sicheren Führung der Lokomotive unerlässlich sind. Die mit Pos. 11 und 12 bezeichneten Temperaturmessinstrumente, welche nur eine gelegentliche Beobachtung verlangen, sind normalerweise durch einen Klappdeckel abgedeckt.

5. Die mittelschwere dieselelektrische Lokomotive Bm 4/4 18 401 u. f.

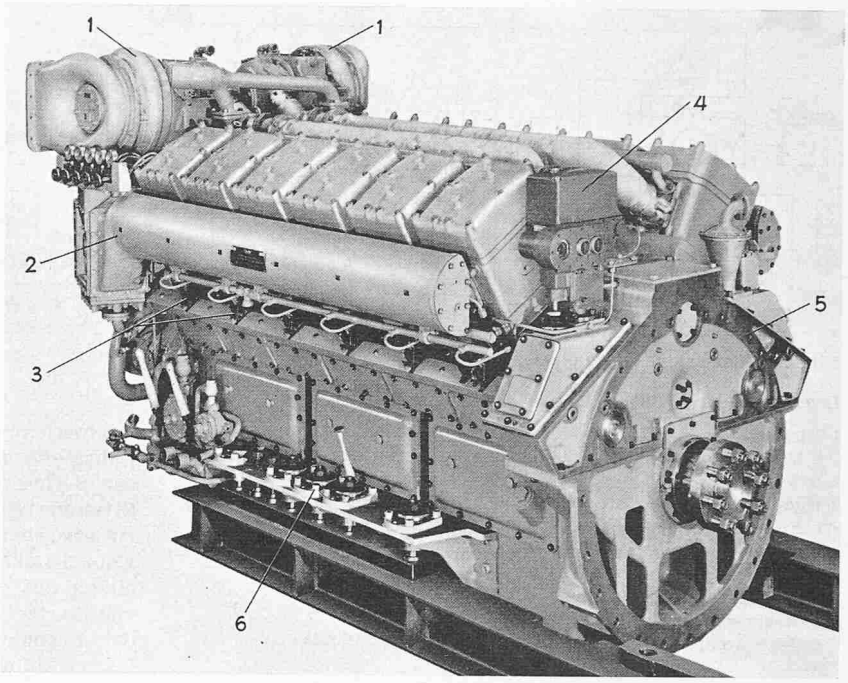
Die Bm 4/4 beschliesst das Entwicklungsprogramm der dieselelektrischen Lokomotiven der SBB. Sie berücksichtigt die mit den früher gebauten Diesellokomotiven gemachten Erfahrungen, so dass die ersten sechs seit dem Herbst 1960 in Dienst gestellten Fahrzeuge das Prototypstadium bereits hinter sich haben. Die nach dem Zehn-Jahres-Programm der SBB noch zu beschaffenden zehn Lokomotiven des gleichen Typs können praktisch unverändert nachgebaut werden (Bilder 22 und 23).

Wie aus den auf Tabelle 1 zusammengestellten Hauptdaten und dem V-Z-Diagramm nach Bild 13 hervorgeht, steht die Bm 4/4 leistungsmässig zwischen den vorstehend beschriebenen Typen Bm 6/6 und Em 3/3. Der thermische und der von der Firma Sécheron stammende elektrische Teil sind eine direkte Weiterentwicklung der entsprechenden Ausrüstung der Em 3/3. Der von der SLM gebaute mechanische Teil, so vor allem die Drehgestelle, wurden so weitgehend als möglich der Bm 6/6 angeglichen.

Mit Rücksicht auf die zum Teil engen Rangier- und Depotanlagen wurde die Lokomotive sehr gedrängt und kurz gebaut; sie misst über Puffer nur 12,65 m und ist damit trotz der stirnseitigen Plattformen eines der kürzesten Dieselfahrzeuge seiner Leistungsklasse in Europa. Bild 24 zeigt das Drehgestell mit ausgebauten Fahrmotoren. Dank der verhältnismässig kleinen Maximalgeschwindigkeit von 75 km/h konnte sein Aufbau einfach gestaltet werden. Wie bei den Bm 6/6 wurde auf eine pendelnde Aufhängung des Lokomotivkastens am Drehgestellrahmen verzichtet und ein verhältnismässig grosses unabgefedertes Gewicht in Kauf genommen (siehe Tabelle 2). Pro Drehgestell stützt sich die Lokomotivbrücke über zwei Gummifedern auf die Längsträger des kastenförmig ausgebildeten, geschweissten Drehgestellrahmens ab. Die zwischen den Drehgestellen und der Lokomotivbrücke auftretenden Längskräfte werden durch zwei vertikale, fest mit der Brücke verbundene Drehzapfen übertragen, welche über Gummilager in die Mitteltraverse aus Stahlguss der Drehgestelle eingreifen. Die Uebertragung aller Vertikal- und Längskräfte zwischen

Bild 25. SLM-Dieselmotor Typ 12YD20TrTh

1 Abgasturbolader
2 Ladeluftkühler
3 Brennstoffpumpen
4 Woodward-Drehzahlregler mit eingebautem Servofeldregler
5 Ringflansch zur Befestigung des Hauptgenerators
6 Elastische Abstützung



Lokomotivbrücke und Drehgestellen erfolgt somit über Gummielemente. Die Lokomotive erhält dadurch einen weichen, erschütterungsarmen Gang, und ihre Aufbauten sind gegen den durch Körperschall übertragenen Fahrlärm sehr gut isoliert. Als Achslager kamen die gleichen Kegelrollenlager zur Verwendung wie bei den Bm 6/6. Die dämpferlosen Achsbüchsführungen sind als zylindrische, in Silentblocs gefasste Rohre ausgebildet. An der Mitteltraverse des Drehgestellrahmens sind ebenfalls in Gummifedern die beiden fremdventilierten Tatzlager-Fahrmotoren aufgehängt, welche ihr Drehmoment über je zwei ungefederte, schrägverzahnte Zahnradgetriebe auf die Triebachsen übertragen. Die Forderung nach kurzer Bauweise der Lokomotive führte zur Anordnung des Bremsgestänges auf den Längsseiten der Drehgestellrahmen, wodurch die Unterhalt erfordernden Teile sehr gut zugänglich wurden. Wie bei den Bm 6/6 und Em 3/3 bestehen die Gestängebüchsen aus einem geeigneten Kunststoffprodukt. Die beiden Drehgestelle sind zur Verbesserung des Kurvenlaufes wie bei den modernen elektrischen Drehgestellokomotiven der SBB durch eine Querkupplung verbunden. Zudem ist die Lokomotive mit der von den SBB entwickelten Spurkranz-Oelschmierung ausgerüstet.

Der Lokomotivaufbau setzt sich aus der vollständig geschweissten, als Tragkonstruktion ausgebildeten Lokomotivbrücke, dem mit ihr verschweissten Führerhaus und den beiden Vorbauten zusammen. Zwischen den Drehgestellen sind zwei an der Lokomotivbrücke aufgehängte Brennstoffbehälter von total 2000 Liter Inhalt untergebracht. Mit Rücksicht auf den Rangierbetrieb mit langen Zügen wurde ein grosses Luftvolumen (annähernd 2000 Liter) vorgesehen, welches sich auf einzelne kleinere, zwischen den beiden Drehgestellen und unter dem Führerstandsboden angeordnete Behälter aufteilt.

Der zwölfzylindrige, aufgeladene Dieselmotor der SLM, Typ 12YD20TrTh (Bild 25) ist mit dem von SAAS gebauten Hauptgenerator zu einer festen Gruppe verschraubt, welche sich über eine grössere Zahl von Gummielementen elastisch auf die Lokomotivbrücke abstützt. Verschiedene Einzelteile sind gleich gebaut wie bei den im vordern Abschnitt erwähnten Dieselmotoren der Em 3/3, was Unterhalt und Lagerhaltung wesentlich erleichtert. Jede Zylinderreihe wird von einem Abgasturbolader, Typ VTR 200 von Brown, Boveri & Cie., aufgeladen. Um die Auspufftemperaturen in zulässigen Grenzen zu halten, ist der Motor mit Ladeluftkühlern ausgerüstet, welche bei Nennlast eine Rückkühlung der vom Lader geförderten Luft im Bereiche von 20 bis 30° C ermöglichen. Die dem Abgasturbolader entströmenden Auspuffgase gelangen in einen als kombinierten Resonanz- und Absorptionsdämpfer gebauten Auspufftopf. Die Bm 4/4 wurde in ähnlicher Weise wie die Em 3/3 gegen Lärm isoliert. Wie aus der Typenskizze gemäss Bild 23 hervorgeht, ist zwischen Dieselmotor und Hauptgenerator eine zusätzliche Trennwand eingebaut. Diese hilft mit, den in den Führerstand und durch die Ansaugöffnungen für die Generatorkühlluft ins Freie dringenden Lärm zu verringern. Gemäss den auf den Bildern 8 und 9 dargestellten Frequenzspektren des bei Leerlauf und Nennlast des Dieselmotors erzeugten Lärms zeigt die Bm 4/4 die geringste Lärmentwicklung der vier geprüften Lokomotiven.

Die beiden Wasserkühler des Dieselmotors sind vorn seitlich am längeren Vorbau angeordnet. Die Belüftung der Kühler erfolgt durch einen vertikalachsigen Ventilator, welcher die Kühlluft seitlich von unten durch die Kühler saugt und sie nach oben ins Freie stösst. Der Antrieb des Ventilators geschieht über hydrostatische Uebertragungsorgane nach dem auf Bild 26 dargestellten Prinzip. Die vom Dieselmotor über Keilriemen direkt angetriebene Lüfterpumpe saugt das Hydrauliköl aus dem Oelbehälter und fördert es zu dem mit dem Ventilator direkt gekuppelten, identisch gebauten Motor, dessen Drehzahl vom parallel geschalteten Regler so eingestellt wird, dass die Kühlwassertemperatur in engen Grenzen konstant bleibt. Als Messorgan des Reglers dient eine in das Kühlwasserrohr hineinragende Wachszelle, welche sich in dem zu regelnden Temperaturbereich stark ausdehnt. Sie wirkt auf einen im Regler eingebauten Steuerschieber, welcher die Ventilatordrehzahl durch Veränderung der den Bypass durchströmenden Oelmenge der angeforderten Kühlleistung entsprechend variiert. Bei niedriger Wassertemperatur ist der Bypass vollständig offen; der Ventilator ist in Ruhe, und die Kühler sind geschlossen. Bei ansteigender Wassertemperatur werden vor dem Erreichen des Sollwertes als Folge des sich aufbauenden Oeldruckes zuerst die Jalousien geöffnet, bevor der Ventilator in Umlauf versetzt wird.

Die Regelung des Dieselmotors auf konstante Leistung erfolgt in gleicher Weise wie bei den Em 3/3 gemäss dem auf Bild 18 dargestellten Schema. Bild 27 zeigt das Haupt-

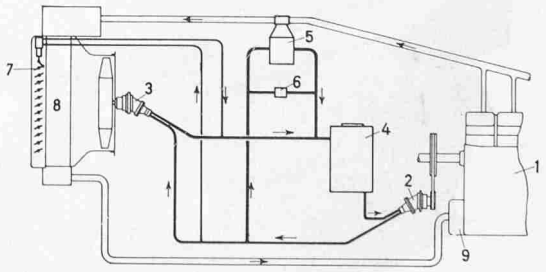


Bild 26. Prinzipschema des hydrostatischen Antriebes des Kühlerventilators der Em 3/3 und Bm 4/4 (System Behr, Stuttgart)

1 Dieselmotor
2 Oelpumpe
3 Ventilatormotor
4 Oelbehälter
5 Regler
6 Ueberdruckventil
7 Kühlerjalousie
8 Wasserkühler
9 Kühlwasserpumpe

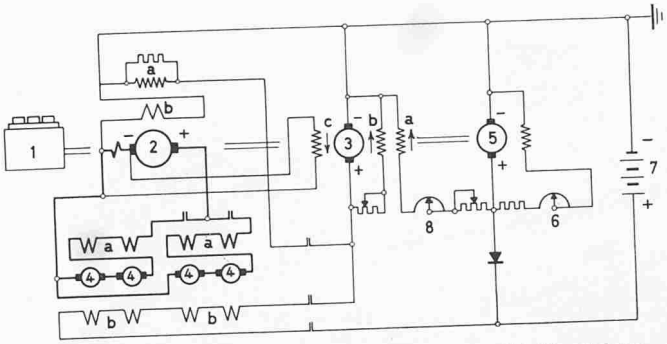


Bild 27. Schema der Hauptstromkreise der Bm 4/4 für Fahren

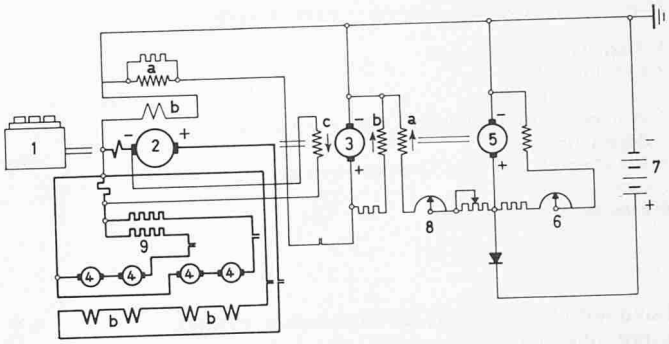


Bild 28. Schema der Hauptstromkreise der Bm 4/4 für Bremsen

Legende zu den Bildern 27 und 28

1 Dieselmotor
  a Fremderregungswicklung
  b Anlasswicklung
2 Hauptgenerator
  a Fremderregungswicklung
  b Anlasswicklung
3 Erregergenerator
  a Fremderregungswicklung
  b Nebenschlusswicklung
  c Gegenkompoundwicklung
4 Fahrmotoren
  a Seriewicklung
  b Fremderregungswicklung
5 Hilfsgenerator
6 Spannungsregler zu Hilfsgenerator
7 Batterie
8 Servofeldregler
9 Bremswiderstände

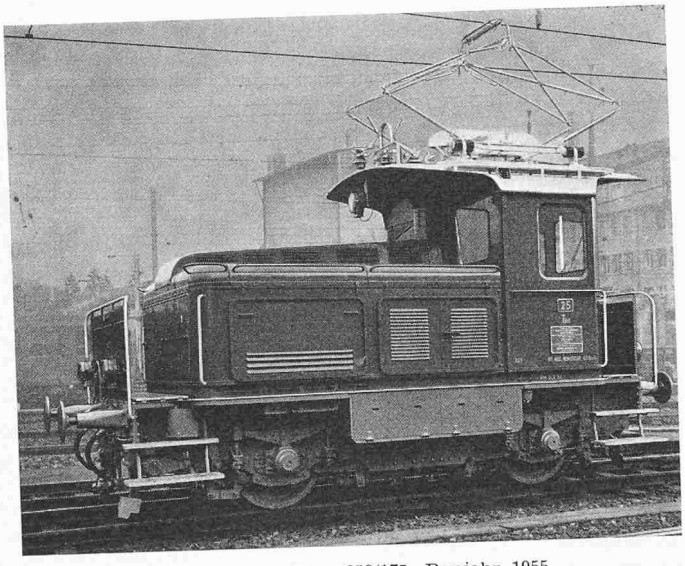


Bild 29. Zweikraft-Traktor Tem 350/175, Baujahr 1955

stromschema für Fahren. Im Gegensatz zur Em 3/3 sind die Fahrmotoren kombiniert serie- und fremderregt. Der Anteil der Serieerregung war notwendig, um eine gleichmässige Stromverteilung unter den zwei parallelen Motorgruppen zu erreichen. Die Fremderregung ermöglicht die bei der Em 3/3-Lokomotive beschriebene automatische Feldschwächung mit den erwähnten Vorteilen. Der achtpolige, eigenventilierte und kompensierte Hauptgenerator ist neben der Fremderregungswicklung mit einer zusätzlichen Anlasswicklung ausgerüstet. Zum Starten des Dieselmotors wird diese mit dem Generatorrotor in Serie geschaltet und an die Anlassbatterie angeschlossen. Diese wird von dem auf konstante Spannung regulierten Hilfsgenerator geladen. Hilfs- und Erregergenerator sind wie bei den Em 3/3 zu einer Gruppe mit gemeinsamem Gehäuse zusammengefasst, welche vom Hauptgenerator über Keilriemen mit der Uebersetzung 1:2 angetrieben wird.

Betriebscharakteristik sowie die Schaltung des Hauptstromes beim elektrischen Bremsen gehen aus den Bildern 20 und 28 hervor. Die als Generatoren wirkenden Fahrmotoren sind mit dem konstanten, auf dem Führerhausdach angeordneten Bremswiderstand in Serie geschaltet. Der vom Dieselmotor mit konstanter Drehzahl von 600 U/min angetriebene Hauptgenerator liefert die Erregung der fremderregten Fahrmotoren. Die Erregung des Hauptgenerators erfolgt auf indirekte Weise über die Erregermaschine. Die im Bereich kleiner Fahrgeschwindigkeiten annähernd konstante Erregung der Fahrmotoren ergibt ein der Fahrgeschwindigkeit ungefähr proportionales Bremsmoment. Durch die bei hohem Bremsstrom verstärkte Wirkung der Gegenkompoundwicklung der Erregermaschine macht sich im Geschwindigkeitsbereich oberhalb 20 km/h eine starke Feldschwächung der Fahrmotoren bemerkbar, so dass hier die Bremskraft bei veränderlicher Geschwindigkeit annähernd konstant ist. Die elektrische Bremse ist wie bei der Em 3/3 mit der Luftbremse kombiniert, so dass die Gesamtbremskraft im Bereich kleiner Fahrgeschwindigkeiten konstant bleibt.

6. Die Zweikraft-Traktoren Tem 350/175

Ausser den vorstehend beschriebenen Diesellokomotiven im Leistungsbereich von 600 bis 1700 PS haben die SBB im Rahmen ihres Zehn-Jahres-Programms für die Erneuerung des Rollmaterials eine grössere Anzahl Traktoren verschiedener Typen angeschafft. Diese unterteilen sich in drei Gruppen, die rein elektrischen Traktoren

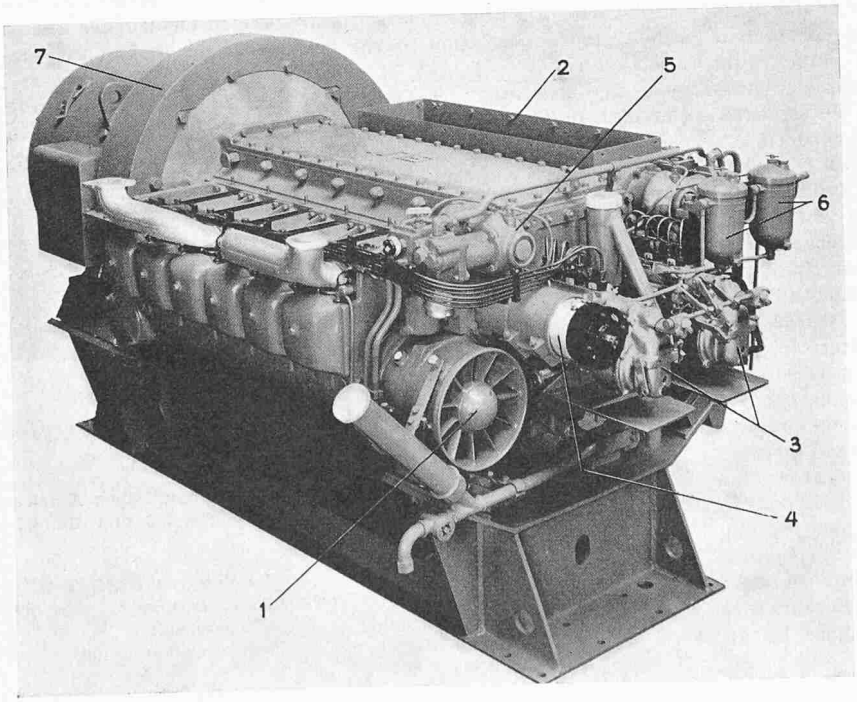


Bild 30 (links). Luftgekühlter SLM-Dieselmotor Typ 12BD11, Baujahr 1956

1 Kühlluftgebläse rechts
2 Kühlluftaustritt
3 Einspritzpumpen
4 Lichtmaschine
5 Kompressor
6 Brennstoffilter
7 Hauptgenerator

vom Typ Te, die rein thermisch angetriebenen Fahrzeuge vom Typ Tm sowie die kombiniert thermisch-elektrischen Zweikraft-Traktoren mit der Bezeichnung Tem.

Im Rahmen dieses Aufsatzes soll lediglich der Typ Tem 350/175 erwähnt werden, da er weitgehend auch als direkter Ersatz der leichten Dampfrangierlokomotive E 3/3 Verwendung findet (Bild 29). Dieser Traktor ist in der Fachliteratur schon wiederholt beschrieben worden [6]), so dass hier auf eine eingehende Darstellung verzichtet werden kann. Die Hauptdaten des Fahrzeugs sowie des luftgekühlten, zwölfzylindrigen Dieselmotors der SLM, Typ 12BD11 (Bild 30), gehen aus den Tabellen 1 bis 3 hervor. Drei Traktoren dieser im ganzen 45 Fahrzeuge umfassenden Serie wurden mit wassergekühlten Dieselmotoren der Firma Saurer, Arbon, ausgerüstet, welcher die Lieferung der Motoren eines grossen Teiles kleinerer Traktoren vorbehalten blieb.

Schlusswort

Im Verlauf der letzten vier Jahrzehnte ist die Dampflokomotive auf dem Netz der SBB in zunehmendem Masse durch elektrische Triebfahrzeuge verdrängt worden. Am längsten konnte sie sich dank ihrer Zuverlässigkeit und Unabhängigkeit vom elektrischen Fahrdraht auf den Rangieranlagen und als Hilfsfahrzeug in den Lokomotivdepots behaupten. Aber auch hier ist der Tag nicht mehr fern, wo sie ausgedient haben wird und ganz aus dem «aktiven Dienst» zu verschwinden hat. Das von der Leitung der Schweizerischen Bundesbahnen in klarer Voraussicht geschaffene und konsequent verwirklichte Zehn-Jahres-Programm für die Erneuerung des Rollmaterials, das auch bei der seinerzeitigen Beratung im Parlament im Zusammenhang mit der Festlegung des neuen Schuldenplafonds der SBB volle Unterstützung erhielt, sieht den vollständigen Ersatz der verbleibenden Dampflokomotiven durch elektrische und Dieseltriebfahrzeuge vor. Die Dieseltraktion hat gegenüber dem Dampfbetrieb wesentliche Vorteile. Wie ausgedehnte Vergleichsversuche bewiesen haben, ist sie wirtschaftlicher als dieser. Die Diesellokomotive kann durchwegs einmännig betrieben werden und erlaubt dank der sich über mehrere Tage erstreckenden, praktisch vollständigen Wartungsfreiheit ausgesprochen lange tägliche Betriebszeiten, was im Rangierbetrieb von grosser Bedeutung ist. Die Nachteile der Russ- und Rauchbildung vermeidet das Dieselfahrzeug fast vollständig, und die sich aus der dem Dieselmotor eigenen Lärmentwicklung ergebenden Unannehmlichkeiten kommen bei einer geeigneten Schallisolation nicht zur Geltung.

Unter enger Mitwirkung der einschlägigen schweizerischen Industrie ist eine Reihe verschiedener, auf die spezifischen Bedürfnisse der Schweizerischen Bundesbahnen abgestimmter Diesellokomotiv-Typen geschaffen worden, die ihre Bewährungsprobe schon weitgehend hinter sich haben. Wie viele andere umfangreiche Investitionen der jüngsten Vergangenheit legen sie Zeugnis ab vom starken Willen der führenden Organe der Schweizerischen Bundesbahnen, die Nationalbahnen Volk und Wirtschaft als modernes und leistungsfähiges Transportinstrument zu erhalten.

6) z. B. Zweikraft-Traktoren, Serie Tem 350/200 der SBB, SBZ 1958, Heft 14, S. 204.

Adresse des Verfassers: Sulzbergstrasse 6, Winterthur.

Ausbildungsmöglichkeiten in Winterthur

Von Ing. **F. Wiesendanger,** Chef der Lehrabteilung von Gebr. Sulzer, Winterthur

DK 37

1. Einleitung

Das Winterthurer Handwerk, das seit 1467 während 331 Jahren unter der Obrigkeit von Zürich seiner Gewerbefreiheit beraubt war, erhielt in dieser Untertanenzeit ein besonderes Gepräge. Es verlegte seine Tätigkeit auf einzelne Erzeugnisse und erreichte damit durch seine besondere Tüchtigkeit grosses Ansehen. Die Winterthurer Oefen bildeten bis über die Landesgrenzen hinaus den begehrtesten Schmuck von Rats- und Bürgerstuben. Auf manchem mittelalterlichem Stadtturm verkünden Turmuhren aus Schlosser Liechtis Werkstatt noch heute genaue astronomische Zeitangaben. Das emporblühende Winterthurer Handwerk erweiterte seine Tätigkeitsgebiete und zeigte in der Errichtung von mechanischen Werken erfinderischen Geist.

Es entstanden das «Laboratorium» als erste chemische Fabrik der Schweiz, im Hard die erste mechanische Textilfabrik in Europa, und es folgten bald Giessereien und Maschinenfabriken.

Damit war das Fundament geschaffen, dem Winterthur seinen Weltruf verdankt.

Im Aufschwung des wirtschaftlichen Gedeihens widmete Winterthur auch dem Geistesleben volle Beachtung. Der Ausspruch eines Mitbegründers dieser industriellen Entwicklung: «Für Winterthur sind gute Schulen so notwendig wie das tägliche Brot» war wegleitend für die Gründung von Schulen, auf die Winterthur heute so stolz ist.

2. Schulen

2.1 Der *Primarschule*, welche ihren Unterricht in etwa 30 Schulhäusern vermittelt, schliessen sich mannigfache Lehranstalten und Berufsbildungsstätten an:

2.2 *Die Real- und Sekundarschule* mit ungefähr 9 Gebäuden.

2.3 *Die Berufsschulen* für gewerbliche, kaufmännische, land- und hauswirtschaftliche Berufsbildung. Der Unterricht der Berufsschule bildet einen Bestandteil der Berufslehre, der die praktische Ausbildung am Lehrplatz ergänzt. Neben der Vermittlung von Wissensstoffen, die der beruflichen Förderung zu dienen haben, wird auch die Charakterbildung der Schüler gepflegt und die staatsbürgerliche Erziehung gefördert.

Schluss siehe Seite 435

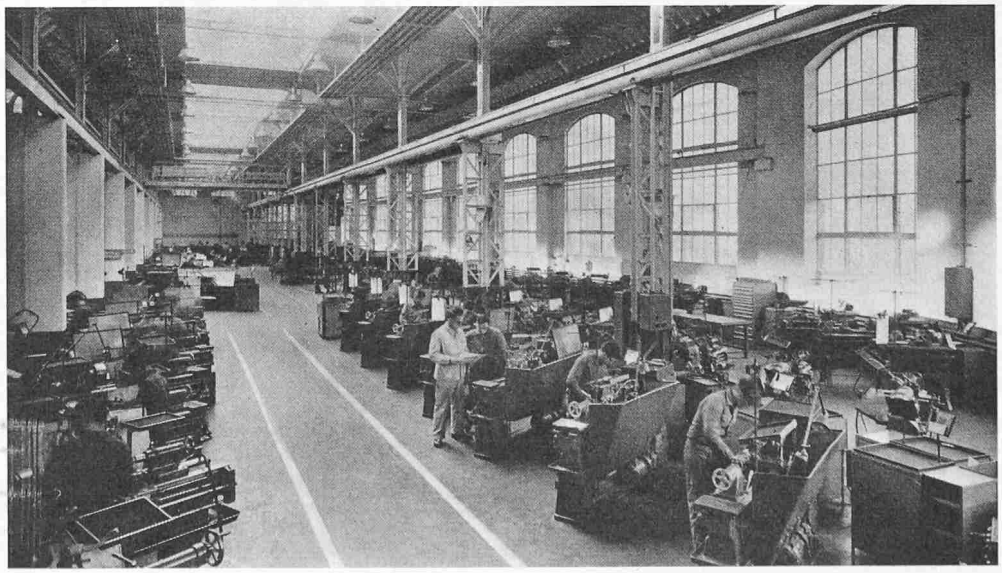


Bild 1. Beispiel einer Lehrwerkstatt für die Metallbearbeitung mit 300 Arbeitsplätzen