

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 76 (1958)
Heft: 25

Artikel: Die Zweifrequenz-Rangierlokomotive Ee3/3II der Schweizerischen Bundesbahnen
Autor: Leyvraz, P. / Schäfer, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-63996>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

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

Die Zweifrequenz-Rangierlokomotive Ee 3/3 II der Schweizerischen Bundesbahnen

Von P. Leyvraz und A. Schäfer, Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich

DK 621.335.223

1. Zweistromfahrzeuge für die Schweizerischen Bundesbahnen

Der Zusammenschluss der grossen elektrifizierten Bahnnetze der verschiedenen Länder stellt die Bahnverwaltungen insofern vor neue technische Probleme, als die Triebfahrzeuge mit verschiedenen Stromsystemen gespeist werden müssen. So verwenden z. B. Deutschland, Oesterreich, Norwegen, Schweden und die Schweiz Einphasenstrom von 15 000 V und 16 $\frac{2}{3}$ Hz, Italien und Belgien jedoch Gleichstrom von 3000 V, Holland und Frankreich Gleichstrom von 1500 V. Indessen sind in Frankreich seit 1950 grosse Strecken, wie Lille-Basel und Dôle-Vallorbe, mit Industriestrom von 25 000 V, 50 Hz, elektrifiziert, was eine besonders wirtschaftliche Speisung ermöglicht. An den Grenzbahnhöfen Basel, Vallorbe, Genf, Domodossola und Chiasso stellt sich somit die Aufgabe des Stromsystemwechsels für die Triebfahrzeuge oder für einzelne umschaltbare Gleisstrecken. Besonders dringend ist die Lösung des Problems für den Rangierdienst, für welchen man dem elektrischen Betrieb vor dem Diesel- und Dampfbetrieb in jeder Beziehung den Vorzug gibt.

Die Schweizerischen Bundesbahnen bestellten für den Verschiebedienst im Bahnhof Basel und zwischen den Güterbahnhöfen St-Louis und Muttentz sechs dreiachsige Lokomotiven der Serie Ee 3/3 II Nr. 16 501 bis 16 506. Für diese liefern die AG. Brown Boveri, die S. A. des Ateliers de Sécheron und die Maschinenfabrik Oerlikon je zwei elektrische Ausrüstungen, während der mechanische Teil von der Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur gebaut wird. Brown Boveri und Sécheron speisen den Gleichstrom-Triebmotor über Gleichrichter, wogegen Oerlikon einen Einphasen-Kollektormotor verwendet. Bild 1 zeigt die Lokomotive in Ansicht, Bild 2 ist eine Typenskizze mit Hauptmassen.

2. Ee 3/3 II Lokomotiven Nr. 16 503 und 16 504 mit Oerlikon-Einphasen-Kollektormotor

Auf Grund ihrer mehrjährigen guten Erfahrungen im Bau von Einphasenmotoren für die 50-Hz-Traktion konnte die Maschinenfabrik Oerlikon einen Einphasen-Kollektortriebmotor, auch Direktmotor genannt, vorschlagen, welcher die einfachste elektrische Ausrüstung ergibt. Das Schaltschema deckt sich im Prinzip mit jenem der Ee 3/3-Rangierlokomotiven Nr. 16 381 bis 16 430 der SBB für 16 $\frac{2}{3}$ Hz. Bedienung und Unterhalt unterscheiden sich grundsätzlich nicht von dem der normalen Verschiebelokomotiven, was besonders für das Fahrpersonal eine wesentliche Erleichterung bedeutet.

Den Vergleich der Betriebsleistungen und Fahreigenschaften zeigt die Gegenüberstellung der Fahrkurven Bild 3 der 16 $\frac{2}{3}$ -Hz-Lokomotiven 16 421 bis 16 430 und der Zweifrequenzlokomotiven Ee 3/3 II Nr. 16 503 und 16 504. In der Ordinatenrichtung ist die Geschwindigkeit in km/h aufgetragen, während die Abszisse die Zugkraft in t am Rad darstellt. Die

drei Kurvenscharen sind im gleichen Masstab gezeichnet. Die stark ausgezogene Zickzacklinie zeigt den Zugkraftverlauf während einer Anfahrt mit maximaler Zugkraft und die beim Aufschalten von einer Stufe zur nächsthöheren auftretenden Stösse.

Die 16 $\frac{2}{3}$ -Hz-Lokomotive Ee 3/3 weist 13 Fahrstufen und einen Zugkraftstoss von rd. 3,5 t oder 30 % der Zugkraft auf, was für moderne Fahrzeuge als oberste Grenze betrachtet werden kann (links). Die Kurven der Zweifrequenz-

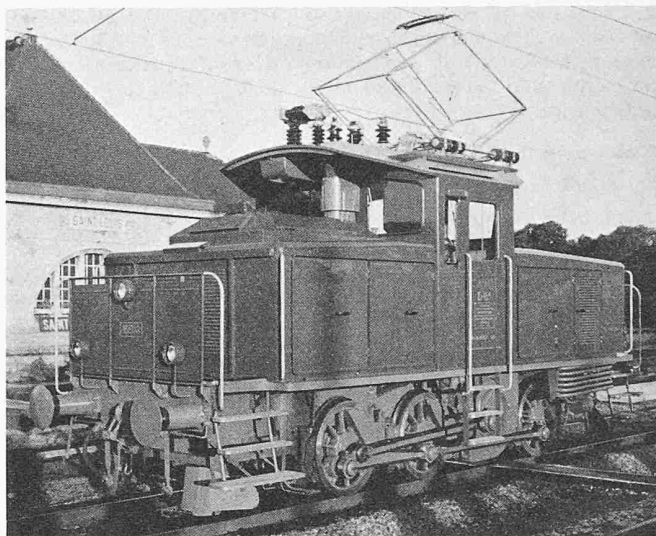
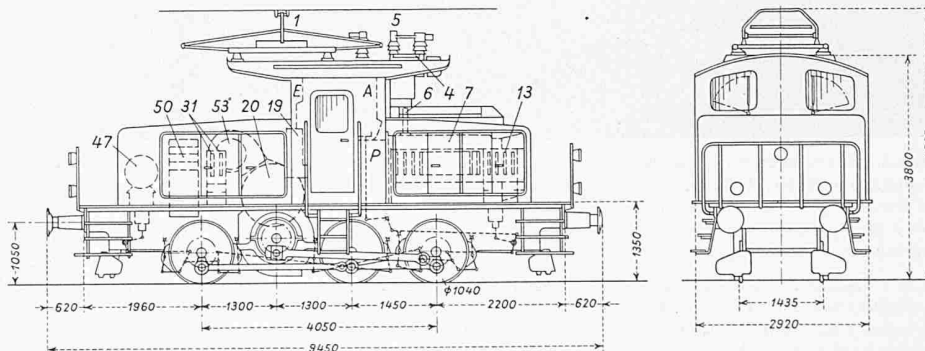


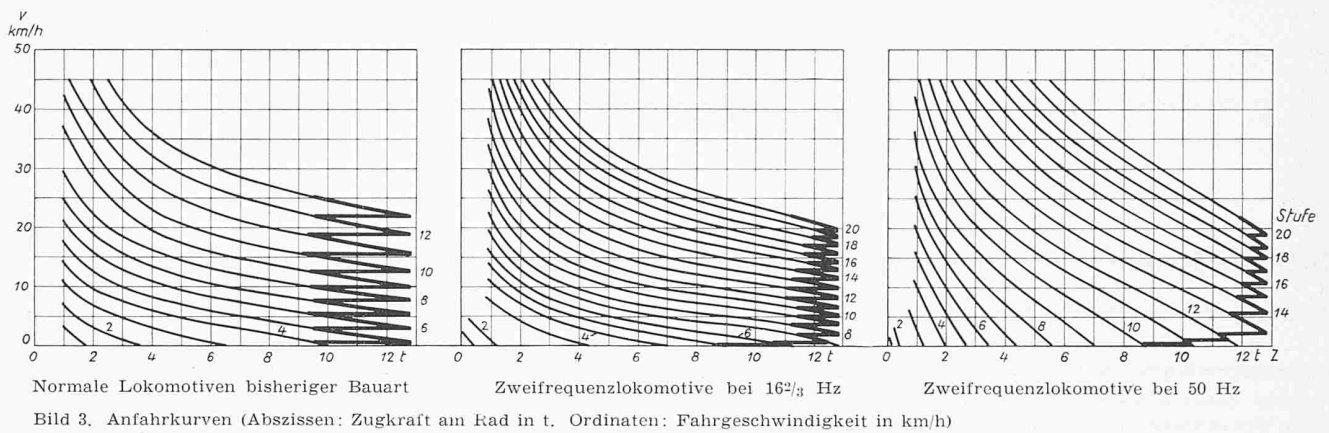
Bild 1. Die Zweifrequenz-Rangierlokomotive Ee 3/3 II

lokomotive Ee 3/3 II weisen bei 16 $\frac{2}{3}$ Hz (Mitte) im Anfahrbereich ungefähr gleiche Steilheit auf. Um die Schaltstösse zu verringern, wurde hier die Stufenzahl auf 20 erhöht. Die Zugkraftstösse sind dabei auf 1,8 t ermässigt, wodurch ein sanfteres Anfahren gewährleistet ist. Bei 50 Hz sind die Stufenkurven bedeutend steiler (Kurvenschärfe rechts), was bei den Zweifrequenzfahrzeugen noch dadurch ausgeprägt wird, dass der Transformator eigentlich für 45 000 V ($3 \times 15 000$ V) ausgelegt sein muss und bei 25 000 V einen (prozentual) erhöhten induktiven Spannungsabfall hat. Die Zugkraftsprünge sind bei 50 Hz so klein (etwa 1 t), dass die Stufenzahl ohne weiteres auf 10 bis 12 hätte ermässigt werden können; die zusätzlichen Stufen sind also nur durch den Zweifrequenzcharakter der Lokomotive bedingt.

Bild 2 (rechts). Typenbild der Zweifrequenz-Rangierlokomotive Ee 3/3 II, Massstab 1:125

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| 1 Stromabnehmer | 20 Fahrmotor |
| 4 Erdungsschalter | 31 Shunthüpfen |
| 5 Druckluft- | 47 Kompressor |
| Hauptschalter | 50 Hilfsbetriebe- |
| 6 Hochspannungs- | Gleichrichter |
| einführung | 53 Fahrmotor- |
| 7 Stufentransformator | Ventilator |
| 13 Stufenhüpfen | A Führerschalttafel |
| 19 Wendeschalter | E Relaischalttafel |
| | P Führertisch |





Bei der Maximalzugkraft erreichen beide Lokomotivtypen die Geschwindigkeit von etwa 20 km/h. Mit steigender Geschwindigkeit nimmt die Zugkraft bei 16 $\frac{2}{3}$ Hz rascher ab als bei 50 Hz, so dass für die Maximalgeschwindigkeit von 45 km/h die 16 $\frac{2}{3}$ -Hz-Lokomotive noch eine Zugkraft von 2,5 t, die Zweifrequenzlokomotive bei 16 $\frac{2}{3}$ Hz eine Zugkraft von 2,8 t, bei 50 Hz jedoch von 5,5 t erreicht. Diese Lokomotive ist also im oberen Geschwindigkeitsbereich bei 50 Hz am leistungsfähigsten; die Ausbildung als Zweifrequenzlokomotive hat somit die Verwendungsmöglichkeit in keiner Weise beeinträchtigt.

3. Mechanischer Teil und Disposition

Die Hauptdaten der Lokomotiven sind:

Länge über Puffer	9450 mm
Breite	2950 mm
Höhe maximal	4585 mm
Spurweite	1435 mm
Achsstand	4050 mm
Mechanischer Teil	28,1 t
Elektrischer Teil	13,5 t
Ballast	4,5 t
Gesamte Lokomotive	46,1 t

Der raue Rangierbetrieb, der durch häufige, meist scharfe Anfahrten gekennzeichnet ist, erfordert robuste Fahrzeuge mit grosser Anfahrzugkraft und hohem Beschleunigungsvermögen, denen auch ein gelegentlich heftiger Stoss nichts anzuhaben vermag. Den im Pflichtenheft der SBB gestellten Bedingungen entspricht am besten die dreiachsige Bauart mit Stangenantrieb, dessen Nachteile sich bei der ge-

ringen Geschwindigkeit nicht bemerkbar machen, der aber den für eine Rangierlokomotive sehr wesentlichen Vorteil der Unempfindlichkeit gegenüber Entlastung der vorauslaufenden Achse aufweist.

Man beschloss daher, die neuen Zweifrequenzlokomotiven von der in vielen Betriebsjahren bewährten und allgemein bekannten Lokomotivserie Ee 3/3 Nr. 16 381 bis 16 430 abzu-leiten. Die Konstruktion des mechanischen Teils konnte mit geringen Änderungen und Anpassungen an den heutigen Stand der Eisenbahntechnik übernommen werden. Ausserlich unterscheidet sich das neue Baumuster nur durch die etwas verlängerten und weniger abgerundeten Vorbauten mit grossen, mittels Klappen verschlossenen Öffnungen, welche die Zugänglichkeit beträchtlich erhöhen.

Die elektrische Ausrüstung mit Direktmotor konnte in fast völliger Übereinstimmung mit der eingangs genannten Lokomotivserie angeordnet werden, was für Betrieb und Unterhalt besonders dann vorteilhaft ist, wenn beide Lokomotivtypen demselben Depot zugeteilt sind. Die Leitungsführung wurde bedeutend vereinfacht, zahlreiche Schienenverbindungen durch Kabel ersetzt und lediglich dort verwendet, wo Kabel unzweckmässig sind. Es gelang ferner, mit fünf verschiedenen Kabelquerschnitten auszukommen. Die Kabel sind grösstenteils offen auf Briden montiert; im hinteren Vorbau wurden Steuerleitungen und Hilfsbetriebskabel geringen Querschnitts in einen Blechkanal eingelegt, um sie vor Beschädigungen beim Betreten des Vorbaus zu schützen. Sämtliche Kabelschuhe sind lötfrei aufgespresst.

Der Führerstand (Bild 4) in neuer Aufmachung zeigt ein modernen Konstruktionsprinzipien entsprechendes gefälliges und übersichtliches Aussehen. Die Anordnung der Bedienungsorgane wurde im wesentlichen beibehalten und durch

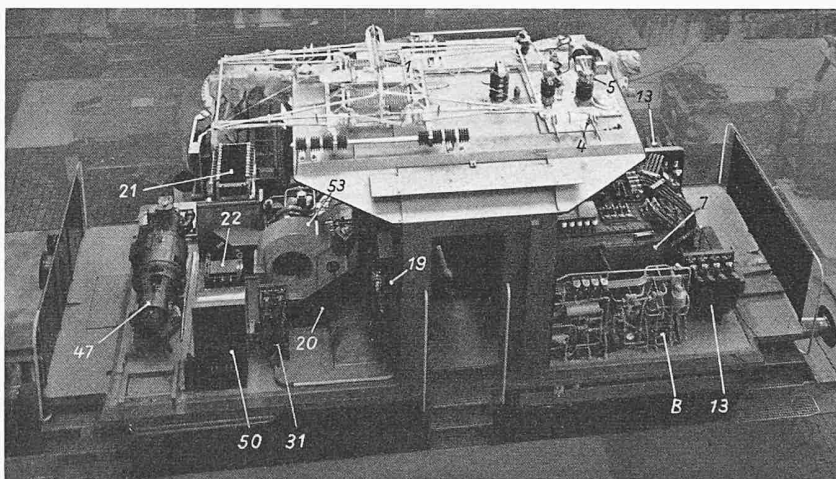


Bild 5. Die Lokomotive Ee 3/3 11 beim Zusammenbau in der Werkstätte in Oerlikon. 1 Stromabnehmer, 4 Erdungsschalter, 5 Druckluft-Hauptschalter, 7 Stufentransformator, 13 Stufenhüpfer, 19 Wendeschalter, 20 Fahrmotor, 21 Ohm'scher Wendepolshunt, 22 Induktiver Shunt, 31 Shunthüpfer, 47 Kompressor, 50 Hilfsbetriebe-Gleichrichter, 53 Fahrmotor-Ventilator, B Bremsapparate

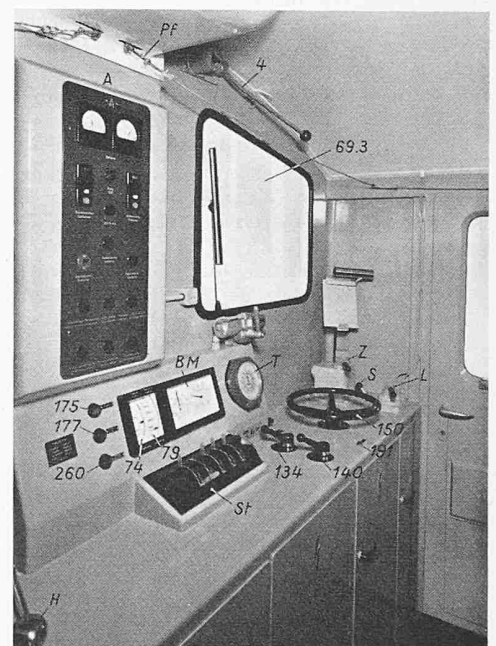


Bild 4 (rechts). Führerstand, A Schalttafel, BM Bremsmanometer, H Handbremse, L Lokomotivbremse, Pf Pfeifenzug, S Ventil für Spiegel, St Steuerschaltkasten, Z Zugbremse, 4 Erdnungsschalter, 69.3 Fenster mit Heizung, 74 Voltmeter für Fahrleitungsspannung, 79 Ampèremeter für Fahrmotor, 134 Hauptschalter-Steuerschalter, 140 Wendeschalter-Steuerschalter, 150 Steuerkontroller, 175, 177, 260 Meldelampen, 191 Sander

einen Steuerschaltkasten ergänzt. Um die Lokomotive an beiden Seiten des Führerstandes bedienen zu können, sind alle nötigen Bedienungsorgane zweifach vorhanden. Die Anordnung der elektrischen Ausrüstung ist den Bildern 2 und 5 zu entnehmen.

4. Druckluftausrüstung

Ein leistungsfähiger Rotationskompressor, der die Luftbehälter langer abgestellter Züge in kurzer Zeit aufzufüllen vermag, erzeugt die Druckluft für Bremseinrichtung, elektrische Apparatur, Scheibenwischer, Signalspiegel, Signalleuchte und Sander. Zur Abbremsung des Zuges einschliesslich Lokomotive sind ein Führerbremsventil sowie zwei parallel geschaltete Führerbremsventile zur Abbremsung der Lokomotive allein vorhanden; ein elektropneumatisches Auslöseventil gestattet das Lösen der Lokomotivbremse ohne Beeinflussung der Zugbremse.

5. Triebmotor

Die Leistungsdaten, für die der Triebmotor gebaut ist, sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Bei der Auslegung des Motors musste besonders der schwere Rangierbetrieb mit seinen zahlreichen Anfahrrten von schweren Zügen berücksichtigt werden. Die Wahl fiel auf den seit mehreren Jahren im Betrieb bewährten 50 Hz-Motor der SNCF-Lokomotiven 20 001 und 25 001 bis 25 009, dessen Kollektor-Laufleistungen ohne Abdrehen gegenwärtig eine Million km erreichen. Der aktive Teil des Motors wurde unverändert beibehalten, der Einstundenstrom wurde von 2740 auf 2900 A gesteigert und die Maximaldrehzahl etwas erhöht.

Für die drei verschiedenen Lokomotivtypen sind gleiche Ventilatorgruppen vorgeschrieben, welche eine Luftmenge von je 140 m³/min gegen einen Druck von 150 mm WS fördern, so dass die Luftmenge für diesen Motor auch für den erhöhten Strom grösser ist als notwendig.

Konstruktiv unterscheidet sich der Motor von seinem Vorgänger durch den zweiseitigen Antrieb über zwei Ritzel und dadurch, dass im Gegensatz zu normalen Ausführungen ein hohes Gewicht nicht unerwünscht war, weil die Lokomotive zur Erzielung des notwendigen Adhäsionsgewichtes ohnehin mit Ballast versehen werden muss. Alle konstruktiven Massnahmen zur Gewichtseinsparung wurden damit überflüssig. Das Gewicht von 3600 kg ist für den Motor nicht massgebend; es würde normalerweise 3000 kg betragen. Bild 6 zeigt den Triebmotor mit seinen beiden Zahnkolben, welche auf der Welle drehbar gelagert sind und über die aussen links und rechts sichtbaren elastischen Kupplungen von ihr angetrieben werden. Diese Anordnung gewährleistet eine gleichmässige Verteilung der Zahndrücke auf die beiden Getriebe und dämpft zugleich die Drehmomentschwankungen.

Der Klemmenkasten zeigt die Öffnungen für die je vier Kabel der Anker und Feldanschlüsse. Links vom Klemmenkasten befindet sich der Lufteintrittsstutzen, rechts der Kollektordeckel mit den Bedienungsorganen für die Bürstenbrücke; am Stirnendeckel rechts unten sind die Luftaustritte erkennbar, welche unter dem Bodenblech liegen. Gehäuse und Lagerschilde sind vollkommen geschweisst.

Bild 7 zeigt den Stator mit den Klemmen für den Shunt und links den Luftaustritt für die Kühlluft des ohmschen Wendepolshunts. Die Statorwicklung ist sehr luftig aufgebaut und innerhalb der Nuten warmgepresst, wodurch ein sicherer Sitz gewährleistet ist. Feld- und Wendepolwicklung sind als fertig umpresste Spulen in offene Nuten verlegt, während die Kompensation als Bügel ebenfalls umpresst axial in die Nuten eingeschoben wird.

Bild 8 stellt den Rotor mit den beiden Wellenenden dar. Die Kühlfahnen der Kollektoren sind geschweisst, um die Beanspruchungen durch Zentrifugalkräfte und Wärme- dehnung zu verringern. Im unteren Drittel der Fahnen befinden sich die Anschlüsse

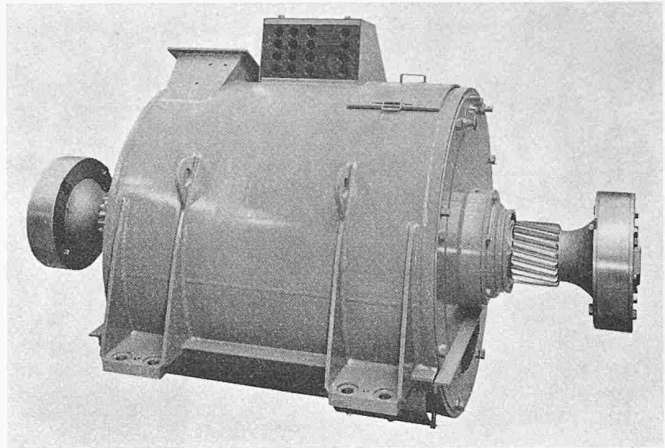


Bild 6. Gesamtansicht des Triebmotors

der Ausgleichsleiter zweiter Art. Der Kollektor ist der grossen axialen Länge entsprechend kräftig konstruiert und auf die verlängerte Ankerbüchse aufgepresst. Die 16 Bürstenhalter tragen je fünf Doppelbürsten. Diese haben keine Kabel; die Stromzufuhr erfolgt über walzenförmige Kontaktstücke. Die Druckfinger bestehen aus Spiralfedern, welche bei jedem Halter über eine Parallelführung derart miteinander verbunden sind, dass die Abnutzung des Kollektors und der Bürsten zwangsläufig gleichmässig ausfällt.

Die elektrische Auslegung ist durch die Zweifachparallelwicklung im Anker und durch die Wahl einer hohen transformatorischen EMK gekennzeichnet. Die ausgezeichneten Ergebnisse dieser Bauart auf den Strecken der SNCF, insbesondere bei schweren Anfahrrten, liessen auch für den Verschiebedienst ein gutes Verhalten erwarten. Um der grossen Häufigkeit schwerer Anfahrrten Rechnung zu tragen, wird bei den Anfahrrten mit 50 Hz von 0 bis 5 km/h das Hauptfeld durch einen induktiven Shunt etwas geschwächt. Die transformatorische EMK beträgt bei 50 Hz und Stundenzugkraft 4,2 V, bei der Anfahrzugkraft 4,9 V. Die Feldschwächung ermässigt die Werte auf 3,95 und 4,7 V. Im 16% Hz-Betrieb beträgt die transformatorische EMK nur ein Drittel der Werte bei 50 Hz, so dass die Feldschwächung bei Anfahrt unnötig ist.

Die Wendepolwicklung wird im 50 Hz-Betrieb durch einen ohmschen Shunt überbrückt. Eine Anpassung des Shunts an verschiedene Geschwindigkeiten ist bei der unempfindlichen Kommutation und dem ausgedehnten funkenfreien Bereich überflüssig. Bei 16% Hz wird zum ohmschen Shunt ein induktiver Shunt parallelgeschaltet; dieser wird im 50 Hz-Betrieb zur Feldschwächung beim Anfahren benützt.

Der Motor ist 16-polig. Seine Bauart unterscheidet sich von den 16% Hz-Motoren durch eine kleinere Polteilung und durch die besondere Rotorwicklung. Das aus Stahlblech geschweisste Gehäuse umgibt das Statorblechpaket. Der hohe Motorstrom von 2900 A erfordert eine mehrfache Parallelschaltung der einzelnen Wicklungen. Die Kompensations- und die Wendepolwicklungen sind je vierfach parallelgeschaltet, während die Erregerwicklung acht parallele Zweige aufweist. Durch die ausgeklügelte Anordnung der einzelnen Zweige sind

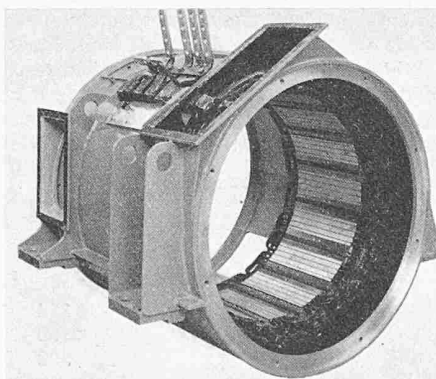


Bild 7. Stator des Triebmotors

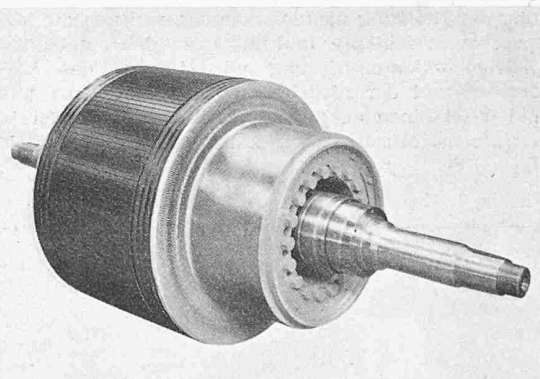


Bild 8. Rotor des Triebmotors

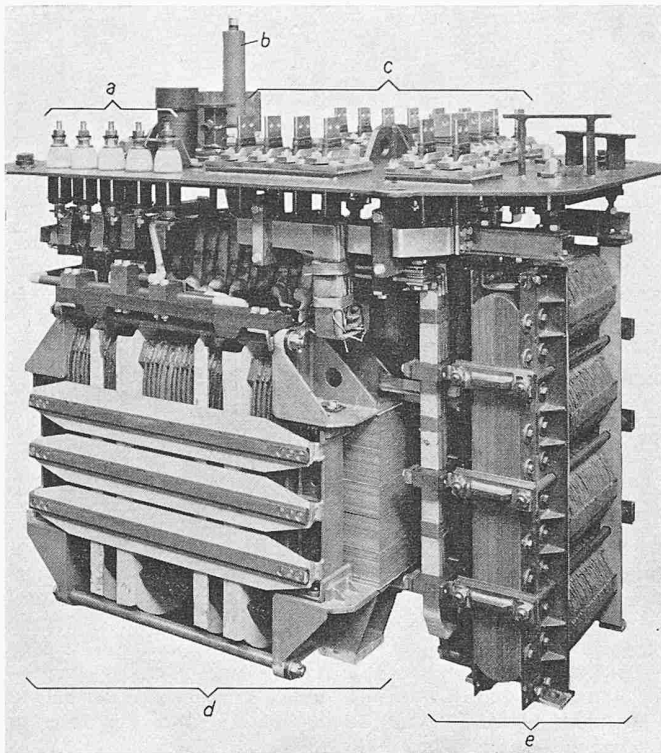


Bild 9. Ausgebauter Transformator mit Vierzweigdrossel

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| a) Anschlüsse für Hilfsbetriebe | d) aktiver Teil des Transformators |
| b) Hochspannungseinführung | e) Vierzweigdrossel |
| c) Anschlüsse für Fahrmotor | |

die Verbindungen mit einem Minimum an Kupfer vollständig bifilar ausgebildet, was besonders für 50 Hz-Motoren unerlässlich ist.

Der Rotor besitzt als Besonderheit die Zweifachparallelwicklung mit Ausgleichsleitern erster und zweiter Art. Diese verbinden die Kollektorfahnen mit den Wicklungsösen gleichen Potentials auf der entgegengesetzten Seite des Ankers. Sie sind in einzelne mikanitumpresste Bündel zusammengefasst und innerhalb des Blechpakets in Nuten eingebettet und verkeilt. Die Rotorwicklung wird fertig umpresst axial in die halbgeschlossenen Nuten eingeschoben und die kollektorseitigen Wickelköpfe werden nachher abgebogen. Diese sogenannte Einstosswicklung hat sich seit mehr als zehn Jahren bewährt und ergibt die gleiche elektrische Festigkeit wie eine in offene Nuten eingelegte Gleichstromwicklung. Der Kollektor ist in normaler Bauart ausgeführt und auf dem Ankerkörper zentriert. Die Lamellen sind durch Kühlfahnen mit der Ankerwicklung verbunden. Die Kühlluft tritt auf der dem Kollektor entgegengesetzten Seite ein und auf der Kollektorseite aus. Ein Teil der austretenden Luft dient zur Kühlung des ohmschen Wendepolshunts.

Die Zweifachparallelwicklung ermöglicht insbesondere für 50 Hz-Motoren sehr gute Kommutationsverhältnisse. Sie gestattet im Prinzip den Hauptfluss, die Eisenlänge und damit die Leistung einer Maschine zu verdoppeln. Ist die Verdoppelung der Leistung nicht notwendig, so kann die Maschine entsprechend reichlicher und unempfindlicher gebaut werden. Die Gleichstromkommutierung wird infolge des kleinen Stabstromes und der niedrigen Induktivität ganz unempfindlich und weist einen ausgedehnten funkenfreien Bereich auf. Die transformatorische EMK kann bei dieser Wicklung ohne

Tabelle 2. Hauptdaten der Motoren und Transformatoren bisheriger Ausführung für $16\frac{2}{3}$ Hz und der neuen Triebfahrzeuge für $16\frac{2}{3}$ und 50 Hz

	Lokomotiven Nr.		Ee 3/3 16 421—430	Ee 3/3 II 16 503, 504
			1943	1957
Motoren	Frequenz	Hz	$16\frac{2}{3}$	$16\frac{2}{3}$ u. 50
	Stundenleistung a. d. Welle	kW	520	554
	Stundenstrom	A	1700	2900
	Maximaldrehzahl	U/min	1450	1690
	Max. Geschwindigkeit	km/h	45	45
	Stundenzugkraft am Rad	kg	7000	7150
	Maximalzugkraft am Rad	kg	12 000	12 800
	Gewicht	kg	3300	3600 (3000)
	Aussendurchmesser	mm	1190	1050
	Dauerleistung	kVA	500	496 u. 826
Trafo	Gewicht	kg	3780	5288

Nachteil um rd. 30 % höher angesetzt werden als mit einer einfachen Schleifenwicklung. Der funkenfreie Bereich für die transformatorische EMK beträgt hier ungefähr 3 V.

Versuche und Betriebserfahrungen

Die Prüfstandsversuche zeigten, dass der Motor in jeder Beziehung den Anforderungen des Pflichtenheftes reichlich genügt. Die Erwärmung blieb bei beiden Frequenzen um 25°C unter der vorgeschriebenen Grenze. Drehzahl, Wirkungsgrad und Leistungsfaktor entsprechen genau den gerechneten Werten. Die Kommutation ist für beide Frequenzen bei Stundenlast und Ueberlast funkenfrei. Die Anfahrt mit 50 Hz und Feldschwächung erwies sich trotz einer transformatorischen EMK von 4,7 V als harmlos und hinterlässt auf dem Kollektor keine bleibenden Spuren. Die Anfahrt mit $16\frac{2}{3}$ Hz ist funkenfrei.

Der meist sehr schwere Betrieb bestätigt das ausgezeichnete Verhalten auf dem Prüfstand. Auf den Lokomotiven waren bisher keine Motorstörungen zu verzeichnen, und der Zustand der Kollektoren ist ebenso tadellos wie auf den besten Gleichstrommaschinen.

An dieser Stelle dürfte eine Gegenüberstellung der Hauptdaten der Motoren und Transformatoren bisheriger Bauart für $16\frac{2}{3}$ Hz mit denen der neuen Fahrzeuge für $16\frac{2}{3}$ und 50 Hz interessieren. Sie findet sich auf Tabelle 2. Der Fortschritt im Motorenbau zeigt sich darin, dass heute ein 50 Hz-Motor gleicher Leistungsfähigkeit leichter gebaut werden kann als ein $16\frac{2}{3}$ Hz-Motor vor 15 Jahren. Der Aussendurchmesser des 50 Hz-Motors ist noch etwas kleiner als jener des $16\frac{2}{3}$ Hz-Motors, so dass die Einbaumöglichkeit mindestens gleich gut ist. Der Stundenstrom des 50 Hz-Motors ist 70 % höher als für den $16\frac{2}{3}$ Hz-Motor, was grössere Schaltapparate erfordert.

6. Transformator

Der Transformator stellt für die Zweifrequenzlokomotive einige Probleme mehr sekundärer Natur. Die Dimensionierung des aktiven Teils ist durch den 16%-Hz-Betrieb festgelegt und im Prinzip die gleiche wie für einen normalen $16\frac{2}{3}$ -Hz-Transformator. Die bei 50 Hz erhöhte Primärspannung von 25 000 V erfordert grössere Oeldistanzen, verstärkte Isolation und tritt äusserlich durch die grössere Hochspannungseinführung in Erscheinung. Ausser einer vermehrten Parallelschaltung der Sekundärwicklung erfordert der erhöhte Motorstrom die Herabsetzung der Schaltströme durch eine Vierzweigdrossel, welche den Motorstrom in vier Viertel aufteilt. Bei der $16\frac{2}{3}$

Tabelle 1. Leistungsdaten des Triebmotors

Frequenz	Betriebsart		50 Hz		$16\frac{2}{3}$ Hz	
			dauernd	max.	dauernd	max.
Spannung	V		245	320	215	235
Strom	A		2750	4600	2750	4400
Leistung an der Welle	kW		532	—	532	—
Geschwindigkeit	km/h		28	45	27	45
Zugkraft am Rad	kg		6600	12800	6600	12800

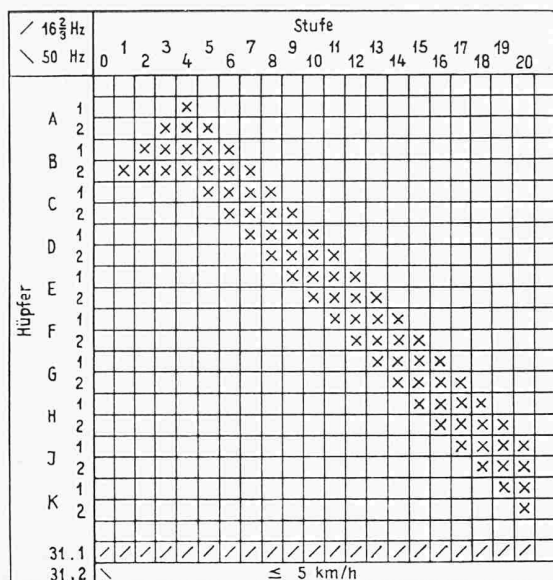


Bild 10. Haupt- und Fahrmotor-Stromkreise

- | | | | | | | | |
|---|-------------------------|----|--------------------------|----|----------------------------|------|-------------------------|
| 1 | Stromabnehmer | 6a | Stromwandler für Primär- | 15 | Ueberschaltspule | 21 | Ohm'scher Wendepolshunt |
| 4 | Erdungsschalter | | strom | 18 | Stromwandler für Fahrmotor | 22 | Induktiver Shunt |
| 5 | Druckluft-Hauptschalter | 7 | Stufentransformator | 19 | Wendeschalter | 31.1 | Shunthüpfen 16 2/3Hz |
| 6 | Hochspannungseinführung | 13 | Stufenhüpfen | 20 | Fahrmotor | 31.2 | Shunthüpfen 50 Hz |

H_z-Lokomotive genügte noch die Unterteilung in zwei Ströme mit einer einfachen Ueberschaltspule.

Bild 9 zeigt den aktiven Teil des Transformators mit der im gleichen Kessel angeordneten Vierzweigdrossel. Aus dem Deckel ragt die Hochspannungsklemme hervor, vorne links liegen die Hilfsbetriebsklemmen, vorn rechts und hinten befinden sich die Anzapfungen für die Motoren. Der Transformator hat natürlichen Öelumlauf. Der Kühler besteht aus vertikalen Röhren, welche durch die Motorluft gekühlt werden; diese ist also beim Eintritt in den Motor bereits etwas vorgewärmt. Die Leistungen und Gewichte der Transformatoren sind aus Tabelle 2 ersichtlich. Auch hier ist zu berücksichtigen, dass für den Transformator keine Gewichtseinschränkung besteht.

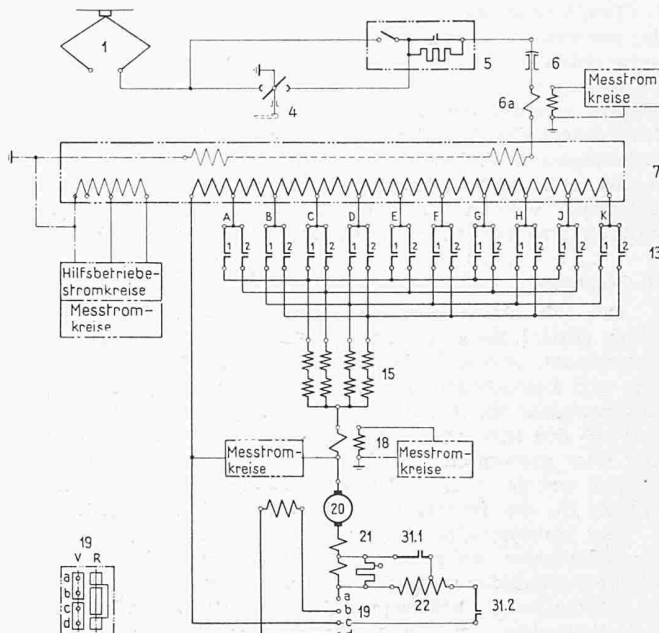
7. Bedienung

Bei der Ausarbeitung der elektrischen Ausrüstung wurde streng darauf geachtet, dass sich aus der Verwendbarkeit der Lokomotive für zwei verschiedene Stromsysteme keine zusätzliche Beanspruchung des Bedienungspersonals ergibt. So erfolgt die Umschaltung der Hilfsbetriebe und der Fahr-
motorshuntung automatisch, die Steuerung überwacht selbst-
tätig die Anlage und schaltet Störungen ab, bevor diese
Schaden anrichten können. Dem Bedienungspersonal kann
daher die Lokomotive ohne besondere Schulung anvertraut
werden. — Die Steuerung ist bei Erweiterung mit einem ein-
zigen Relais und den Steuerstromkupplungen als Vielfach-
steuerung verwendbar.

8. Hauptstromkreise (Bild 10)

Der elektro-pneumatisch betätigte Stromabnehmer 1 entnimmt der Fahrleitung den gesamten von der Lokomotive benötigten Strom, der über den Hauptschalter 5 der Primärwicklung des Transformators 7 zugeführt und nach dieser an Erde zurückgeleitet wird. Ein an einem Stromwandler 6a in diesem Stromkreis angeschlossenes Primärstromrelais schaltet bei Ueberschreitung des zulässigen Primärstromes den Hauptschalter aus und zeigt dies durch eine von Hand rückstellbare Fallklappe an. Es wirkt als Schutz bei Kurzschlüssen im Stromkreis hinter dem Stromwandler. Der gesamte Primärstromkreis vor und hinter dem Hauptschalter lässt sich mittels eines Erdungsschalters 4 erden, der nur bei gesenktem Stromabnehmer betätigt werden kann.

Die sekundäre Transformatorwicklung für den Fahrmotorstrom ist von der Primärwicklung elektrisch völlig getrennt und mit zehn Anzapfungen versehen, an denen je zwei



Stufenhüpfer 13 angeschlossen sind. Mit Ausnahme der drei Vorstufen werden pro Stufe immer vier Hüpfer eingeschaltet, so dass jeder Hüpfer etwa $\frac{1}{4}$ des Gesamtstroms zu führen hat. Eine im Transformatorkeßel eingebaute Vierzweigdrossel sorgt für Ausgleich und Zusammenfassung der Ströme. Dieser Strom fließt durch den Fahrmotorstromwandler 18 zum Fahrmotor 20 und über den Wendeschalter 19 zurück zur Wicklung. Der Fahrmotorstromkreis liegt über einen Spannungsteiler und ein Erdschlussrelais an Erdpotential.

Vom Frequenzwahlrelais gesteuerte Hüpfer gleichen Typs wie die Stufenhüpfer schalten bei 16% Hz dem Wendefeld des Fahrmotors und dessen parallelem ohmschen Shunt 21 noch einen induktiven Shunt 22 parallel; bei 50 Hz wird nur während der Anfahrt der induktive Shunt dem Hauptfeld parallel geschaltet. Das am Fahrmotorstromwandler angeschlossene Relais schaltet bei Ueberschreiten des zulässigen Fahrmotorstromes sowie bei Kurzschlüssen den Hauptschalter aus und meldet dies durch eine rückstellbare Fallklappe. Eventuelle Erdschlüsse lassen das Erdschlussrelais ansprechen, das aber nur anzeigt und nicht in die Steuerung eingreift.

9. Hilfsbetriebe

Die drei Varianten der Zweifrequenzlokomotive erhielten auf Wunsch der SBB eine einheitliche Hilfsbetriebe-Ausrüstung mit einem fremdbelüfteten Hilfsbetriebe-Gleichrichter als Kernstück, der gleichgerichteten Wellenstrom abgibt und die Verwendung normalisierter Hilfsbetriebe-Maschinen ermöglicht. Die Kühlung gestattet kleine Abmessungen des Gleichrichters, erfordert aber eine Ueberwachung zur Abschaltung des grössten Stromverbrauchers im Störfall; der Ventilator ist an der Ausgangsseite des Gleichrichters angeschlossen und läuft an, sobald der Hauptschalter eingeschaltet wird.

Zwei Anzapfungen an der Hilfsbetriebe-Wicklung des Transformators dienen der Stromversorgung der Hilfsbetriebe; je nach Stromsystem schliessen vom Frequenzwählrelais automatisch gesteuerte Hüpferr die Eingangsseite des Hilfsbetriebe-Gleichrichters an die richtige Anzapfung an. Mittels Depotumschalter und Depotsteckdose kann der Strom für die Hilfsbetriebe auch einem ortsfesten Netz entnommen werden. Elektromagnetische, durch einen Steuerschalter betätigte Hüpferr erlauben das Einstellen des Fahrmotor-Ventilators auf «aus», «stark» oder «schwach». Zur Drehzahlreduktion werden Vorwiderstände benutzt, die auch der Einregulierung eines möglichst geräuscharmen Laufes dienen.

Den Kompressor schaltet ein elektromagnetischer Hüpferschalter ein, der vom Steuerschalter direkt betätigt werden kann oder automatisch von einem Druckwächter in der Hauptbehälter-Luftleitung je nach Luftdruck gesteuert wird. Ein Strömungswächter schaltet den Hüpferschalter aus, wenn die Kühlung des Hilfsbetriebe-Gleichrichters versagen sollte. Alle Hilfsbetriebe-Motoren sind zur Unterstützung eines funkenfreien Laufes mit einem Hauptpolhant ausgerüstet. Sämtliche Heizkörper werden vom Hilfsbetriebe-Gleichrichter gespeist, wodurch eine besondere Umschalteneinrichtung entfällt.

10. Steuerung

Der mit einem Schlüssel verschliessbare Steuerschaltkasten (Bild 4, Schaltkasten St) enthält die Steuerschalter für Steuerstrom, Stromabnehmer, Kompressor, Fahrmotorventilator und Beleuchtung. Die Verriegelung wirkt auch auf den Steuerschalter für den Wendeschalter, der seinerseits in Stellung «0» den Steuerkontrolller blockiert. Nur in der «0»-Stellung aller genannten Schaltapparate kann die Verriegelung betätigt und der Schlüssel abgenommen werden. Der Steuerschalter für den Hauptschalter ist elektrisch verriegelt.

Der Hauptschalter lässt sich nur einschalten, wenn der Stromabnehmer am Fahrdrat anliegt, wenn Stufenhüpferschalter, Hilfsbetriebehüpferschalter sowie Shunthüpferschalter ausgeschaltet sind und die automatische Auslöseapparatur funktionsbereit ist. Sofort nach Schliessen des Hauptschalters spricht das Frequenzwahlrelais gemäss dem vorhandenen Stromsystem an und leitet die schon beschriebenen Schaltvorgänge ein. Ist keine Spannung am Fahrdrat vorhanden, so führt das Frequenzwahlrelais seine Nullspannungsfunktion aus und schaltet den Hauptschalter wieder ab.

Der im Betrieb dieser Lokomotiven naturgemäss sehr häufige Systemwechsel ist äusserst einfach durchzuführen, erfordert er doch nur das Ausschalten des Hauptschalters vor der Trennstrecke und das Wiedereinschalten auf dem anschliessenden Netz. Alle übrigen Schaltungen werden automatisch vorgenommen. Sollte das Auslösen des Hauptschalters aus irgend einem Grund unterbleiben, so leitet ein Gleismagnet über die automatische Auslöseeinrichtung den Ausschaltvorgang ein. Würde auch dieser versagen, so wirkt das Frequenzwahlrelais als Nullspannungsrelais und schaltet aus. Die Direktmotorlokomotive könnte sogar, ohne Schaden zu nehmen, den Systemwechsel mit eingeschaltetem Hauptschalter ausführen, weil ihre Schaltung auch dann richtig funktioniert.

Ein plombierter Schalter kann bei Störungen das Frequenzwahlrelais teilweise ersetzen, wenn er auf die dem Stromsystem entsprechende Stellung gebracht wird. Die Nullspannungsauslösung sowie die automatische Umschaltung sind dann nicht mehr vorhanden, und der Lokomotivführer trägt die Verantwortung für die vorgenommene Schalthandlung.

Ein Schalter mit den Stellungen «Vorwärts», «0», «Rückwärts» steuert den elektropneumatischen Antrieb des Wendeschalters, der keine Nullstellung besitzt. Stimmen Steuerschalter und Wendeschalter in ihrer Stellung überein, so erhält die auf «0» stehende Fahrwalze des Steuerkontrollers Spannung. Die insgesamt 20 Fahrstufen werden durch Drehen des Handrades am Steuerkontrolller eingestellt und gestatten ein weiches Anfahren mit grosser Beschleunigung. Die Lokomotive reagiert schnell und präzise, weil bei Hüpferschaltung keine Verzögerungen in der Schaltapparatur auftreten. Eine vollständige Verriegelung überwacht den Schaltvorgang, die eingeschalteten sowie die nicht eingeschalteten Hüpferschalter und verhindert Schaltfehler. Aufwärts ist die Schaltgeschwindigkeit beliebig und richtet sich nur nach Maximalstrom und Schienenzustand; abwärts bestehen keinerlei Einschränkungen.

Zwei Sandstreuventile sind über den Wendeschalter richtungsabhängig gesteuert und werden durch beidseitig im Führertisch angeordnete Druckknöpfe bedient.

Drei Meldelampen zeigen allfällige Unregelmässigkeiten an, die noch einen zeitlich beschränkten Betrieb oder die Rückfahrt zur Remise mit eigener Kraft zulassen. Die violette Meldelampe erlischt, wenn die automatische Hauptschalterauslösung nicht betriebsbereit ist; die gelbe Meldelampe leuchtet auf, wenn der Shunthüpferschalter 16% Hz nicht oder falsch geschaltet hat, und die rote Meldelampe brennt, wenn der Fahrmotorventilator oder der Hilfsbetriebe-Gleichrichter-Ventilator ausser Betrieb ist. Ein Batterieladegerät sorgt für die Erhaltung eines nützlichen Batterieladestandes.

des. Alle Stromkreise unter 25 A sind durch Schaltautomaten geschützt; für grössere Stromkreise wurden Sicherungen verwendet.

Die Lokomotiven sind seit September 1957 ohne Störung im Betrieb und führen in 24 Stunden etwa 1000 Anfahrten aus, davon etwa 85 % mit zulässigem Maximalstrom. Sie haben sich bisher im strengen Rangierdienst der SBB bestens bewährt.

Binsenwahrheiten und Wohnungsbau DK 711.6

Binsenwahrheiten haben die Eigenschaft, evident zu sein. Ihre Erörterung scheint deshalb trivial. Eine Diskussion, die sie zum Gegenstand hat, wird meist gemieden, da man von vornherein annimmt, dass sie unergiebig sei. Die Folge ist, dass Binsenwahrheiten deshalb oft vergessen werden. Eine solche Binsenwahrheit ist, dass die Architektur zur bildenden Kunst zu rechnen sei. Diese Aussage ist in jedem mittelmässigen Lexikon zu finden — und jede noch einigermaßen erhaltene Altstadt kann die Probe aufs Exempel geben. Wenige Schritte abseits aber (in neuere Viertel) macht die Aussage, dass die Architektur zur bildenden Kunst gehöre, äusserst fragwürdig. Hier müsste sie lauten: *Architektur ist ein Mittel zur Wohnungsbeschaffung* (dies sagt man der Öffentlichkeit) oder *zur günstigen Anlage von Kapitalien* (dies sagt man den Geldgebern). Diese beiden Aussagen aber werden diskutiert; ergo betrachtet man sie als nicht trivial.

Solange der Private ein einzelnes Haus baute, das seine persönlichen Bedürfnisse befriedigen sollte, versuchte er, die beiden Erfordernisse (Wohnungsbeschaffung und Sparanlage) in Einklang zu bringen. Die Freude am eigenen Haus liess ihn auch ästhetische Fragen erwägen. Mochte auch das Resultat oft nicht befriedigen, so durfte doch wenigstens an der Absicht nicht gezweifelt werden. Solange aber hatte die Öffentlichkeit bloss das Recht einzuschreiten, wenn allgemeine Interessen (auch solche ästhetischer Natur) verletzt wurden. Man kann den einzelnen nur für das Stück Land verantwortlich machen, das er selbst überbaut. Wie er im selbstgebaute Haus wohnen und selig werden will, ist seine Sache.

Nun hat aber unter dem Drucke der Bevölkerungsentwicklung und der mit der Industrialisierung verbundenen sozialen Umschichtung eine andere Art des Wohnungsbaues die Oberhand erhalten. Immer mehr prägen die aus dem Boden schiessenden Siedlungen das Gesicht unserer Landschaft, unserer Städte. Der Bauherr baut für fremde Bedürfnisse, oft schon von vornherein mit der Absicht, wieder zu verkaufen. Dass Architektur eine Kunst sei, kümmert ihn nicht, dass sie Wohnungsbeschaffung sei, nur insoweit, als er weiss, dass der bestehende Wohnungsmangel eine Vermietung von vornherein garantiert; ob die Organisation der Wohnräume den dauernden Bedürfnissen des Mieters entspricht und seine Lust, gerade so zu leben, befriedigt, kann ihm gleich sein; vorläufig bleibt diesem ja keine andere Wahl.

Das Wort *vorläufig* ist hier mit Absicht gesetzt. Es wird den Hausbesitzer (leider nicht den Erbauer) einmal kümmern müssen. Schon jetzt aber kümmert es die Öffentlichkeit. Es kann ihr nicht gleichgültig sein, was ihr angeboten wird. Einmal nicht, weil wir als Mieter gezwungen sind, mit den Wohnungen vorlieb zu nehmen, die uns angeboten werden; dann auch, weil sich unser Leben auch ausserhalb des Hauses abspielt. Hier lenken die Aussenmauern unsere Bewegungsmöglichkeit, und unsere Schritte sind uns vorgeschrieben. Die Wohnung ist unser privater, die Siedlung unser öffentlicher, die Landschaft unser freier Raum. Wir haben ein Recht auf diese drei Räume, und dieses Recht wollen wir uns nicht nehmen lassen.

Werden uns schlechte Orangen angeboten, dann essen wir lieber Äpfel. Dieses Gesetz spielt in der Konsumgüterindustrie. Spielt es auch im Wohnungsbau? Es ist nicht schwer, schlecht zu wählen, wenn man nicht anders wählen kann. Damit dürfte das Argument, dass man die Bedürfnisse der Mieter kenne, dass man sich ja um die Wohnungen reisse, erledigt sein. Die Erledigung ist so billig wie das Argument selbst; aber man gibt uns auch hier keine bessere Gelegenheit.

Diese Entwicklung muss jedem Verantwortungsbewussten Sorge bereiten. Es ist den Behörden schon lange nicht mehr wohl dabei, und auch die Bauherren wittern einen Wetter-