Die Zweifrequenz-Rangierlokomotiven der SBB

Autor(en): **Weber, H.H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **77 (1959)**

Heft 46

PDF erstellt am: **04.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-84353

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS S. I. A. UND DER GESELLSCHAFT EHEMALIGER STUDIERENDER DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE G. E. P.

Die Zweifrequenz-Rangierlokomotiven der SBB

DK 621.335.223

Von **H. H. Weber**, dipl. Ing., Bern

1. Einleitung

Durch die Elektrifikation der Zufahrtlinie der Société Nationale des Chemins de fer français (SNCF) mit Einphasen-Wechselstrom 25 kV, 50 Hz, treffen im westlichen Teil des SBB-Personenbahnhofs Basel Fahrleitungen mit verschiedenartigem Stromsystem zusammen. Der Rangierbetrieb kann daher nur noch mit fahrdrahtunabhängigen oder mit elektrischen Zweifrequenz-Rangierlokomotiven besorgt werden. Auf Grund eingehender technischer und wirtschaftlicher Studien wählte man die zweite Lösung.

Durch die fortschreitende Elektrifikation der Bahnnetze nimmt die Zahl der Kontaktpunkte ungleicher Stromsysteme zu, so dass immer mehr elektrische Triebfahrzeuge benötigt werden, die mit verschiedenen Stromsystemen betrieben werden können. Die SBB entschlossen sich daher, der einschlägigen schweizerischen Industrie Gelegenheit zur Erprobung eigener, d. h. unterschiedlicher konstruktiver Lösungen zu geben. Sie verzichteten damit bewusst auf die sonst wünschbare Einheitlichkeit der Bauart des elektrischen Teils. Der mechanische Teil hingegen ist einheitlich und praktisch gleich gebaut worden wie bei den letzten Serien der dreiachsigen Rangierlokomotiven. Lieferant des mechanischen Teils war wiederum die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur (SLM). Die elektrische Ausrüstung lieferten für je zwei Lokomotiven die AG., Brown, Boveri & Cie. in Baden (BBC), die Maschinenfabrik Oerlikon (MFO) und die S. A. des Ateliers de Sécheron in Genf (SAAS). Trotz der Verschiedenheit der von diesen Firmen eingeschlagenen Wege gelang es dank guter Zusammenarbeit, viele Einzelteile der elektrischen Ausrüstung zu vereinheitlichen.

Drei dieser Lokomotiven konnten im Oktober 1957, d. h. auf den Zeitpunkt der Aufnahme des elektrischen Betriebs auf der Strecke Strassburg—Basel in Dienst genommen werden. Die weitern drei kamen bald darauf zum Einsatz. Eine der erstgelieferten Lokomotiven war später an der Weltausstellung in Brüssel zu sehen (Bilder 1 und 2).

Die drei Typen sind:

Lokomotiven Ee3/3^{II} 16501 und 02, elektrische Ausrüstung BBC. Zwei Einanoden-Traktionsgleichrichter, Wellenstromfahrmotor;

Lokomotiven Ee3/3^{II} 16503 und 04, elektrische Ausrüstung MFO, 50/16 ⅔-Hz-Einphasen-Seriekollektormotor;

Lokomotiven Ee3/3^{II} 16505 und 06, elektrische Ausrüstung SAAS. Zwei Zweianoden-Traktionsgleichrichter, Wellenstromfahrmotor.

Tabelle 1 zeigt die Hauptdaten der drei Lokomotiven

Tabelle 1 Hauptabmessungen und Leistungsdaten

		Gleichrichterlok 16501/02 BBC	Direktmotorlok 16503/04 MFO	Gleichrichterlok 16505/06 SAAS
Totale Länge über Puffer	mm	9 450	9 450	9 450
Totaler Achsstand	mm	4 050	4 050	4 050
Triebraddurchmesser	mm	1 040	1 040	1 040
Uebersetzungsverhältnis des Getriebs		1 : 8	1 : 7,16	1 : 7,16
Dienstgewicht = Adhäsionsgewicht	t	45	46,1	47
Anzahl Fahrmotoren		1	1	1
Polzahl der Motoren		6	16	6
Stundenleistung an der Fahrmotorwelle	kW	520	554	520
bei einer Geschwindigkeit von	km/h	26,5	27	26,4
Stundenzugkraft am Radumfang	kg	7 100	7 150	7 000
Dauerleistung an der Motorwelle	kW	465	532	460
bei einer Geschwindigkeit von	km/h	28	28	28,5
Dauerzugkraft am Radumfang	kg	5 950	6 600	5 800
Max. Anfahrzugkraft am Radumfang (Spitze)	kg	13 800	12 900	13 500
Max. Zuschaltzugkraft am Radumfang	kg	11 000	11 000	11 000
Max. Geschwindigkeit	km/h	45	45	45
Spitzenstrom des Fahrmotors	A	1 450	4 400	1 200
Max. Zuschaltstrom des Fahrmotors	A	1 250	3 900	1 000
Stundenstrom des Fahrmotors	A	840	2 900	720

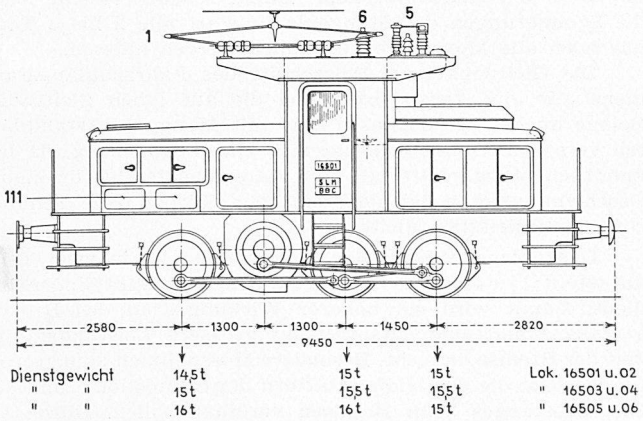


Bild 1. Typenbild der Zweifrequenz-Rangierlokomotive Ee3/3II 16501-06, 1:120

1 Stromabnehmer
5 Drucklufthauptschalter
6 Hochspannungseinführung
111 Batteriekasten

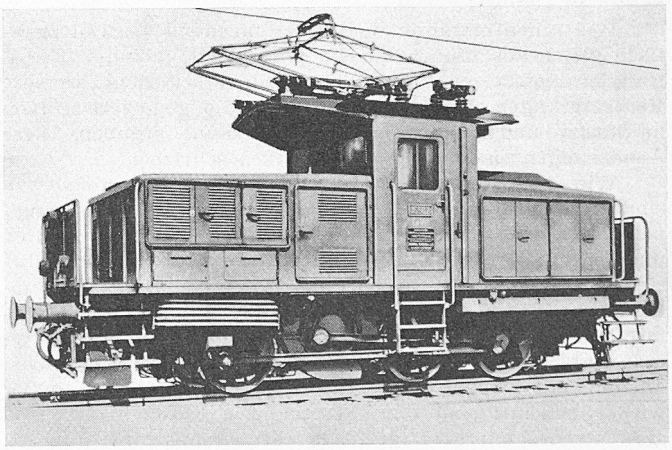


Bild 2. Die Zweifrequenz-Rangierlokomotive Ee3/3II 16502. Die Lokomotiven 16501-06 haben äusserlich praktisch denselben Aufbau.

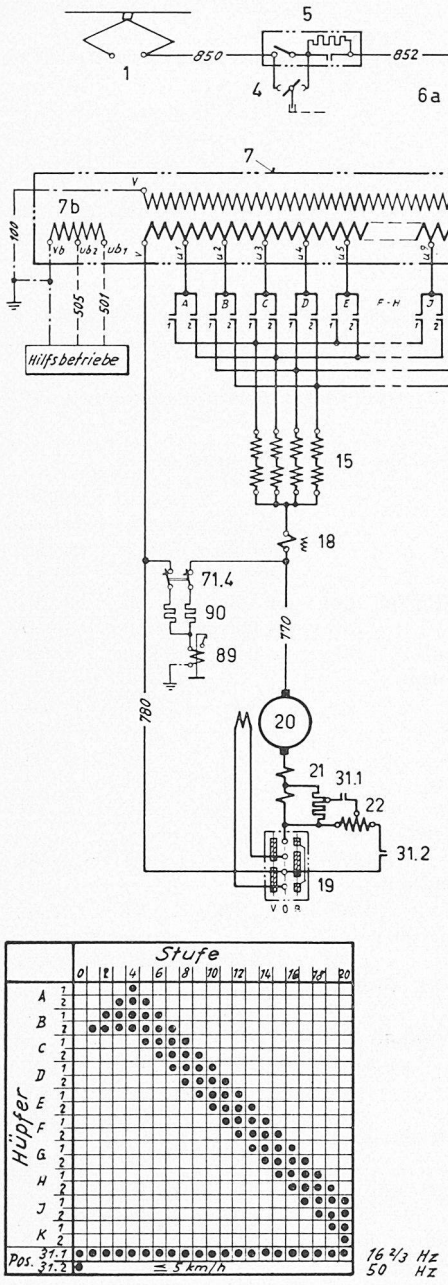


Bild 3. Primär- und Fahrmotorstromkreise der Lokomotive 16503 und 16504 (MFO)

1 Stromabnehmer
4 Erdungsschalter
5 Drucklufthauptschalter
6 Hochspannungseinführung
6a Stromwandler für Primärstrom
7 Stufentransformator
7a Gleichrichtertransformator
7b Wicklung für Hilfsbetriebe
13 Stufenschalter (Lok. 16501 und 02)
13 Stufenhüpfer (Lok. 16503 bis 06)
13a Lastschalter
13.1/2/3 Ueberschalthüpfer 16⅔ Hz, bzw, 50 Hz 16⅔ und 50 Hz
14 Ueberschaltwiderstand
15 Ueberschaltspule
18 Stromwandler für Fahrmotorstrom
19 Wendeschalter
20 Fahrmotor
20.1 Ohmscher Hauptpolshunt
21 Ohmscher Wendepolshunt
22 Induktiver Shunt
27 Traktionsgleichrichter
28 Anoden-Drosselspule
30 Glättungsdrosselspule
31.1/2 Shunthüpfer 16 2/3 / 50 Hz
71.4 Schaltautomat für Pos. 89
78 Relais für Primärstrom
89 Erdschlussrelais
90 Spannungsteiler zu Pos. 89

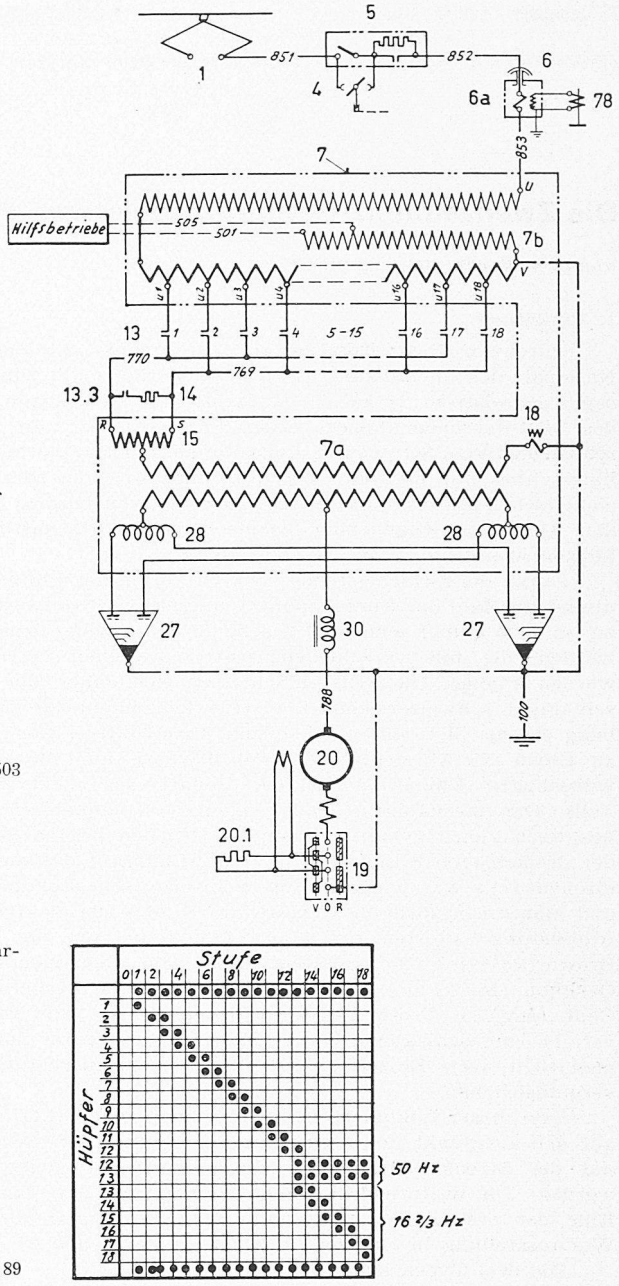


Bild 4. Primär- und Fahrmotorstromkreise der Lokomotive 16505 und 16506 (SAAS)

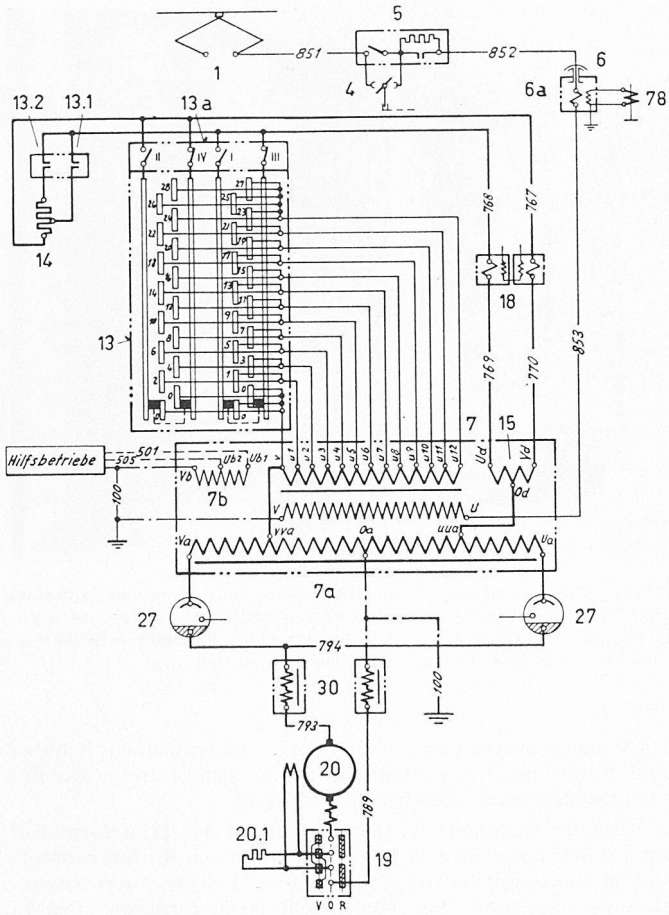
2. Der mechanische Teil

Wie schon erwähnt, wurde der mechanische Teil praktisch gleich ausgeführt wie bei den zuletzt gebauten Ee $^3/_3$-Rangierlokomotiven. Immerhin sind verschiedene kleinere Verbesserungen verwirklicht worden, die geringere Unterhaltkosten und eine bessere Bremswirkung ergaben. Diese Aenderungen sind nachstehend kurz beschrieben.

Wie die bisherigen elektrischen Rangierlokomotiven sind auch diese mit einem Stangenantrieb versehen. Gekuppelte Achsen sind für kleine Maximalgeschwindigkeiten unempfindlich gegen die Achsentlastung der in der Fahrrichtung vorderen Achsen. Die Forderung dieser Unempfindlichkeit muss hauptsächlich bei den Rangierlokomotiven mit häufiger und schwerer Anfahrt gestellt werden. Deshalb hat sich der Stangenantrieb oder der Einzelachsantrieb mit Kuppelstange für Rangierlokomotiven immer wieder bewährt und durchgesetzt. Die Stangenlager sind als fettgeschmierte Lager mit «schwimmenden» Büchsen ausgerüstet. Eine Spezialbronzebüchse befindet sich zwischen dem Antriebszapfen des Rades und dem Stangenlagerkopf. Sie schwimmt gewissermassen im Fett zwischen Zapfen und Stangenlagerkopf. Damit wurde erreicht, dass die Schmierungen der Stangenlager statt alle 2 bis 3 Tage nur noch alle Monate vorgenommen werden müssen.

Die Gleitwinkel am Ausschnitt des Fahrzeuglängsrahmens für die Achsbüchsen und die auf ihnen gleitenden Beläge an den Achsbüchsen sind mit Manganhartstahlplatten versehen. Damit erübrigt sich eine Schmierung, da bekanntlich Manganhartstahl auf Manganhartstahl für kleine Geschwindigkeiten der sich reibenden Körper ohne Schmierung verschleissfrei gleitet.

Das Bremsgestänge der Lokomotiven ist in zwei Teile aufgeteilt; jede Hälfte wird von einem Bremszylinder bedient. Damit wird ein höherer Wirkungsgrad des Bremsgestänges und eine entsprechend grössere Leistungsfähigkeit der Bremse erreicht. Besondere Massnahmen sind getroffen worden, die das leidige Rattern der Bremsklötze und des Bremsgestänges beim Bremsen verhüten sollen. Durch sie wird die Eigenschwingungszahl des ganzen mechanischen Bremssystems gegenüber den von den Bremsklötzen herrührenden Reibungsschwingungen verstimmt. Da das Rattern der Bremseinrichtungen erst nach einiger Betriebszeit eintrat,



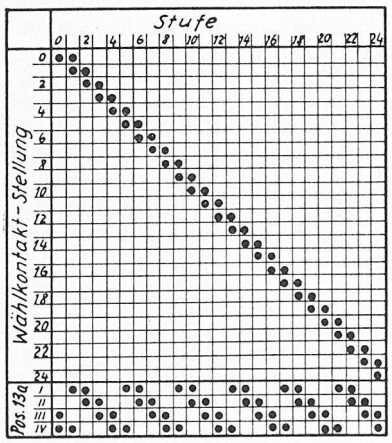


Bild 5. Primär- und Fahrmotorstromkreise der Lokomotiven 16501 und 16502 (BBC)

musste diese Verstimmung durch ziemlich massive Zusatzgewichte an den Bremstraversen und Bremshängeeisen verwirklicht werden.

Wie alle modernen Triebfahrzeuge sind auch die sechs Rangierlokomotiven mit dem neuen Oerlikon-Führerbremsventil Typ FV 3 für die automatische Bremse und dem Rangierbremsventil FD 1 sowie dem Lokomotivsteuerventil Typ LSt 1 ausgerüstet.

3. Die elektrischen Ausrüstungen

3.1. *Die Dachausrüstung*

Diese ist bei allen sechs Lokomotiven genau gleich ausgeführt. Die Isolation der einzelnen Apparate, wie Stromeinführung und Luftdurchführung ist für 75 kV, entsprechend der maximalen Fahrdraht-Nennspannung von 25 kV, dimensioniert. Als Schutz der Lokomotiven dient der bekannte und mehrfach beschriebene BBC-Druckluftschnellschalter DBTF 25 i 300 [1]), der sich gegenüber dem für 16⅔ Hz gebräuchlichen Typ DBTF 20 i 200 nur durch die durch die höhere Fahrdrahtspannung bedingte stärkere Isolation unterscheidet. Der Erdungsschalter (vom Führerstand aus zu bedienen) legt die ganze Dachapparatur vor und nach dem Trennmesser des Hauptschalters an Erde. Da die Lokomotiven in schweizerischen Grenzbahnhöfen verkehren, d. h. an Stellen, die mit schweizerischer Fahrleitung mit den für uns gebräuchlichen Abmessungen (Höhe über dem Gleis, Zick-Zack usw.) überspannt sind, liess sich ein für die SBB normaler Stromabnehmer verwenden, der — es handelt sich um eine ältere Ausführung — gegenüber heutigen Konstruktionen mit verstärkter Isolation ausgerüstet ist.

1) E. Hugentobler und K. Brandenberger: Der einpolige Brown-Boveri-Druckluft-Schnellschalter für Wechselstrom-Triebfahrzeuge, BBC-Mitteilungen, Band 41 (1954), Nr. 7, S. 247—256.

3.2. *Die Hauptapparate und Maschinen*

Die Bilder 3, 4 und 5 zeigen die Primär- und Fahrmotorstromkreise aller drei Lokomotivtypen. Man erkennt, dass die Lokomotiven 16501 und 02 mit einer Niederspannungs-Stufenschaltersteuerung, die Lokomotiven 16503 bis 06 mit Schützensteuerung versehen sind.

3.21. *Transformator und Steuerapparate*

Der Transformator für Zweifrequenzbetrieb muss hinsichtlich des magnetischen Kreises und der Windungszahl für 16⅔ Hz, hinsichtlich der Isolation zwischen den Windungen und Wicklungen und der Abstände im Oel für die Fahrdrahtspannung bei 50 Hz ausgelegt sein.

Bei den Lokomotiven 16501 und 02 wird der Transformator in radial geblechter Ausführung in den Stufentransformator (getrennte Primär- und Sekundärwicklung) Pos. 7 und den Gleichrichter-Transformator Pos. 7a unterteilt (Bild 5). Beide Transformatoren sind in einem Gehäuse untergebracht. Die Oelkühlung vollzieht sich auf natürliche Art in dazu bestimmten Oeltaschen, die am Transformator angebaut sind. An die Sekundärwicklung des Stufentransformators werden an 12 Anzapfungen mittels des Niederspannungs-Stufenschalters Pos. 13 24 Fahrstufen im 16⅔-Hz- und 18 Fahrstufen im 50-Hz-Betrieb eingeschaltet. Beim 50-Hz-Betrieb wird der Steuerkontroller ab Stufe 18 automatisch blockiert, um ein zu hohes Ansteigen der Motorspannung in diesem Betrieb zu vermeiden. Die so gewählte Spannung wird dem Gleichrichter-Transformator Pos. 7a an den Klemmen uua und vva aufgedrückt und auf die erforderliche Motorspannung transformiert. Diese kann im 16⅔-Hz-Betrieb von 0 bis 650 V und im 50-Hz-Betrieb von 0 bis 670 V reguliert werden.

Eine Umschaltung von Wicklungen für den Traktionsbetrieb ist nicht notwendig, hingegen sind bei der getrennten Hilfsbetriebwicklung Pos. 7b je eine Anzapfung für 16⅔ Hz und 50 Hz vorhanden, die eine möglichst konstante Hilfsbetriebsspannung in beiden Betriebsbereichen gewährleistet.

Der Niederspannungsstufenschalter ist mit vier kreisrunden Kontaktbahnen, die von je zwei mechanisch parallellaufenden Wählkontakten bestrichen werden, ausgerüstet. Vier zu diesen Kontaktbahnen gehörige Lastschalter, Pos. 13a, übernehmen das leistungsmässige Zu- oder Abschalten der Stufen. Die Wählkontakte schalten stromlos. Die Schalttabelle in Bild 5 zeigt die Schaltfolge der Wähl- und Lastschalter. Die Ueberschaltspule Pos. 15 mit zwei Zweigen sorgt für das unterbruchlose Ueberschalten von Stufe zu Stufe. Um die Lastschalter Pos. 13a zu entlasten, wird zwischen den einzelnen Stufen der Ueberschaltwiderstand Pos. 14 parallel zur Ueberschaltspule geschaltet. Je nach Betriebsbereich wird dies durch den Schütz Pos. 13.1 bei 16⅔ Hz oder Pos. 13.1 bei 50 Hz ausgeführt.

Der Transformator samt Niederspannungsstufenschalter und Ueberschaltwiderstand mit den entsprechenden Schützen sind in Bild 6 zu sehen. Bild 21 zeigt deren Disposition im vordern Vorbau der Lokomotive. Ausserdem ist die Luftführung für die Kühlung des Transformator-Oels den Kühltaschen des Transformators entlang zu erkennen. In diesem Luftstrom befindet sich am Ansaugstutzen eine Hälfte der Glättungsdrosselspule Pos. 30 für den Fahrmotor. Die Luft für die Kühlung des Transformators und des Fahrmotors wird an der vordern Frontseite des vordern Vorbaus angesaugt, kühlt die Glättungsdrosselspule und das Transformatoröl und gelangt unter dem Führerstand hin-

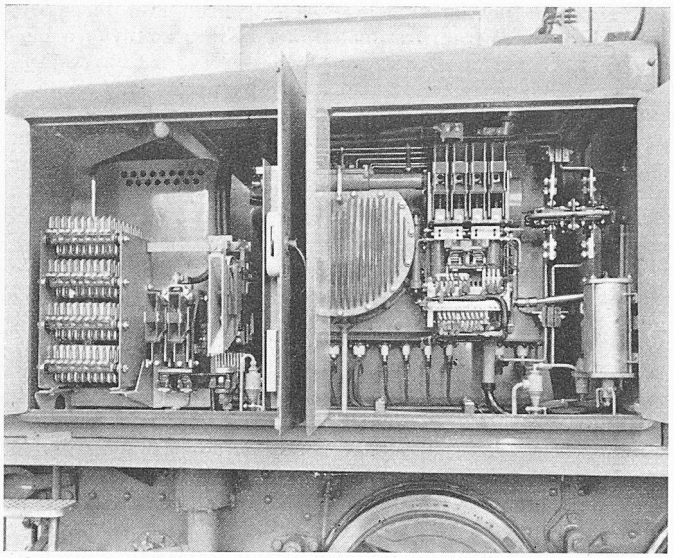


Bild 6. Transformator mit angebautem Niederspannungsstufenschalter, Ueberschaltswiderstand und Ueberschalthüpfer der Lokomotiven 16501/02. Anordnung im vorderen Vorbau

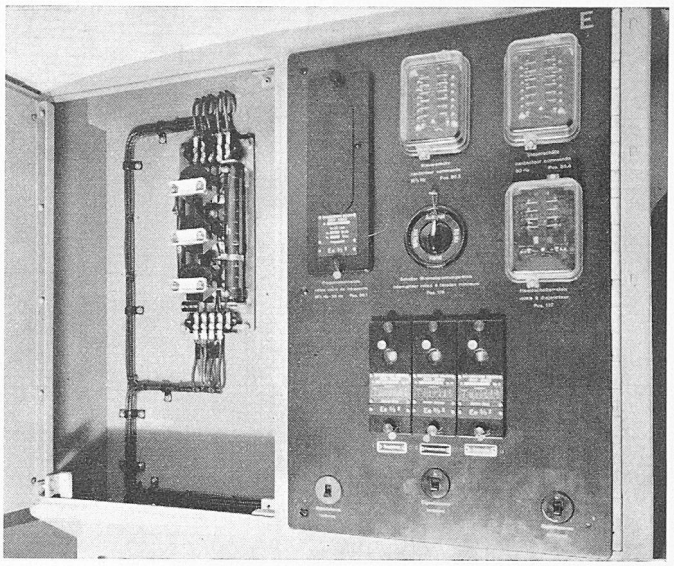


Bild 8. Relaisschalttafel E im Führerhaus mit Frequenzwahlrelais links (Relaisteil) und den zugehörigen Steuerschützen rechts oben. Unten die Schutzrelais für den Primär- und Fahrmotorstromkreis. Links der statische Teil der Frequenzwahleinrichtung

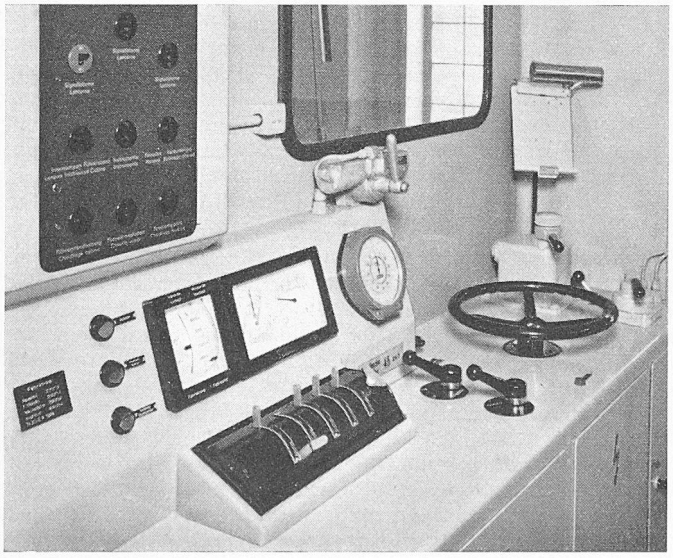
durch in den hintern Vorbau, wo sie der Kühlung des Fahrmotors dient. Der gesamte Lufttransport wird vom Fahrmotorventilator bewältigt, der sich unmittelbar über dem Fahrmotor im hintern Vorbau befindet (Bild 23). Dieses Prinzip der Kühlung von Transformator und Fahrmotor ist auf allen sechs Lokomotiven das selbe und wurde bereits bei den bisherigen Rangierlokomotiven verwendet.

Bei den Lokomotiven 16503 bis 04 besitzt der Stufentransformator, wie in Bild 3 zu erkennen ist, drei getrennte Wicklungen: die Primär-, die Sekundär- und die Hilfsbetriebewicklung. An der Sekundärwicklung werden an zehn Anzapfungen mittels der Stufenhüpfer Pos. 13 20 Fahrstufen im 16⅔-Hz- und 50-Hz-Betrieb eingeschaltet. Die zugehörige Schalttabelle zeigt die Schaltfolge der Stufenhüpfer. Die Ueberschaltdrosselspule (Vierzweigdrosselspule) sorgt für das unterbruchlose Ueberschalten von Stufe zu Stufe und vermindert den Schaltstrom pro Schütz. Mit dieser Schaltung gelingt es, mit n Anzapfungen am Transformator ($2\ n$) Stufen zu erzielen. Im Gegensatz zu den Lokomotiven 16501, 02, 05 und 06 dient der Transformator der Lokomotiven 16503 und 04 für die direkte Speisung des 50-Hz-Fahrmotors, was eine Vereinfachung für den Transformator (Wegfall des Gleichrichtertransformators) bedeutet. Die Fahrmotorspannung wird von 0 bis 223 V beim 16⅔-Hz- und von 0 bis 314 V beim 50-Hz-Betrieb reguliert. Die einzelnen Schütze sind untereinander vollständig gegen jede falsche Kombinationsmöglichkeit elektrisch verriegelt.

Bei den Lokomotiven 16505 und 06 ist der Transformator, wie bei den Lokomotiven 16501 und 02, in den Stufentransformator (in Sparschaltung verbundene Primär- und Sekundärwicklung) und den Gleichrichtertransformator Pos. 7a aufgeteilt (Bild 4). Beide Teile sind wiederum in einem Gehäuse untergebracht. An der Sekundärwicklung des Stufentransformators Pos. 7 werden an 18 Anzapfungen mittels der Stufenhüpfer Pos. 13 (Bild 7) 18 Fahrstufen im 16⅔-Hz- und 13 Fahrstufen im 50-Hz-Betrieb eingeschaltet. Wird eine zu grosse Motorspannung im 50-Hz-Betrieb bei den Lokomotiven 16501 und 02 durch einen Sperrmagneten am Steuerkontroller verhindert, so geschieht dies bei den Lokomotiven 16505 und 06 durch das Unterbrechen der Steuerstromkreise derjenigen Schütze, die an eine zu hohe Motorspannung bei 50 Hz anschalten würden.

3.22. *Das Frequenzwahlrelais*

Obwohl die Nenndaten der Fahrdrahtspannungen für 16⅔ und 50 Hz ziemlich weit voneinander verschieden sind, können sie doch wegen den zugelassenen Toleranzen ziem-



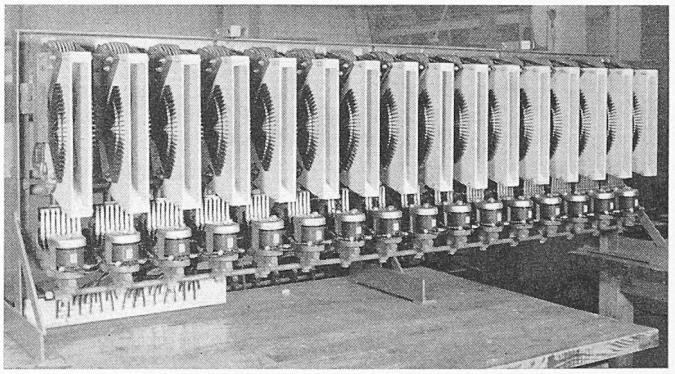


Bild 7. Schützenbatterie für die Schützensteuerung der Lokomotiven 16505/06

Bild 9 (links). Führerstandsdisposition. Steuerkontroller, Steuerschalter für Wendeschalter, Steuerschaltkasten, Meldelampen, Voltmeter für Fahrleitung, Fahrmotor-Ampèremeter, Farbscheibentachograph, Führerbremsventile. In der Mitte Führerstandschalttafel (vgl. SBZ 1958, Heft 25, S. 372, Bild 4)

lich weit vom Sollwert abweichen. Der Bereich für 50 Hz beträgt 19 bis 27,5 kV, wobei zu bemerken ist, dass tiefere Spannungen als das angegebene Minimum (z. B. 17,5 kV) vorkommen können. Die zugelassene Maximalspannung für 16⅔ Hz beträgt 16,5 kV, der Minimalwert 12 kV. Man sieht daraus, dass das Spannungskriterium für die Unterscheidung der beiden Betriebe nicht in Frage kommen kann. Die Frequenzen hingegen werden in den Grenzen von 17,5 bis 15 Hz, bzw. 51 bis 48 Hz eingehalten. Das Kriterium der Frequenz wurde deshalb herangezogen und ein Relaissystem aufgebaut, das in Funktion der verschiedenen Frequenzen arbeitet. Durch entsprechende Resonanzkreise, die auf 16⅔ Hz bzw. 50 Hz abgestimmt sind, treten in diesen maximale Spannungsspitzen auf, die gleichgerichtet, Wahlrelais für 16⅔ Hz oder 50 Hz zum Ansprechen bringen. Diese steuern über entsprechende Systemwahlschütze das zugeordnete Hilfsbetriebeschütz, das die der Frequenz zugeordnete Anzapfung an der Hilfsbetriebewicklung des Transformators einschaltet. Damit werden ebenfalls die Shunthüpfer Pos. 31.1 oder 31.2 bei den Lokomotiven 16 503 und 04 (Bild 3) eingeschaltet. Ebenfalls wird damit die Sperrung der obersten Stufen im 50-Hz-Betrieb am Steuerkontroller wie beschrieben gesteuert. Das Frequenzwahlrelais arbeitet zugleich als Minimalspannungsrelais (Ausfall der Fahrdrahtspannung). Bild 8 zeigt diese Einrichtung. Links erkennt man den statischen Teil, d. h. die Apparatur mit den verschiedenen Resonanzkreisen, rechts, in der Relaisschalttafel E eingebaut, die Wahlrelais mit den entsprechenden Steuerschützen für 16⅔ und 50 Hz (oben). Tritt eine Störung beim Frequenzwahlrelais ein, so soll die Möglichkeit geschaffen sein, die Lokomotive trotzdem in eigener Kraft wenigstens ins Depot zu fahren. Dazu dient der in Bild 8 (Mitte) erkennbare Umschalter, der, normalerweise auf «Automat», bei ausgeschaltetem Hauptschalter in die Stellung «Hand» gebracht wird, worauf sämtliche Verriegelungen für das Einschalten des Hauptschalters aufgehoben sind. Nach Wiedereinschaltung des Hauptschalters kann der Führer die Einstellung 16⅔ oder 50 Hz selbst wählen. Das richtige Schalten bleibt in diesem Fall allein dem Lokomotivführer überlassen. Die Apparatur wurde von der MFO für alle sechs Lokomotiven gebaut. Ebenfalls erkennt man in der untern Hälfte der Relaisschalttafel E die von der gleichen Firma entwickelten neuen steckbaren Relais für den Primär- und Fahrmotorstrom, die auf den Hauptschalter wirken, und die Erdschlussanzeige. Die Apparatur des Frequenzwahlrelais erleichtert dem Lokomotivführer das Ueberfahren von einem Stromsystem zum andern. Er braucht lediglich den Steuerkontroller auf «0» zu drehen, den Hauptschalter auszuschalten, um nach Durchfahren der neutralen, isolierten Fahrdrahtstrecke den Hauptschalter wieder einzulegen.

Bild 9 zeigt den Führerstand. Man erkennt auf dem Pult rechts das Handrad zum Steuerkontroller, links davon den schwarzen Griff für den Wendeschalter (vorne) und den schwarzen Steuergriff für den Hauptschalter (hinten). Wegen der häufigen Betätigung des Hauptschaltersteuergriffes wurde dieser nicht, wie üblich, im Steuerschaltkasten mit den übrigen Steuerschaltern vereint, sondern als besonderer Steuerschalter neben dem Steuerkontroller angebracht.

3.23. *Die automatische Hauptschalter-Auslösevorrichtung* (Bauart Integra)

Unter Ziffer 3.22 wurden die Manipulationen beschrieben, die der Lokomotivführer beim Durchfahren von einem Stromsystem zum andern auszuführen hat. Er muss dabei jedesmal den Hauptschalter aus- und wieder einschalten. Sollte dies einmal vergessen werden oder aus irgend einem Grunde zu spät geschehen, so wird die automatische Hauptschalterauslösevorrichtung den Hauptschalter selbsttätig ausschalten. Es ist dies eine Einrichtung, die nicht wegen der Lokomotiven, sondern zum Schutz der Fahrleitung geschaffen werden musste.

Bild 10 zeigt eine Zweifrequenz-Rangierlokomotive kurz vor einer System-Trennstelle. Wie ersichtlich, sind die beiden Systeme an der Fahrleitung durch zwei Streckentrenner getrennt. Dazwischen liegt eine kurze Fahrleitung, die normalerweise nicht unter Spannung steht. Sollte eine Lokomotive einmal in dieser Zone zum Stehen kommen, so ist es möglich, auch diese unter Spannung zu setzen. Beim normalen Durchfahren einer Lokomotive ohne ausgeschalteten Hauptschalter würde der Leerlaufstrom des Transformators samt dem auf die Primärwicklung des Transformators reduzierten Hilfsbetriebestrom beim ersten Streckentrenner einen Lichtbogen ziehen, der mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht mehr löschen würde. Versuche haben gezeigt, dass Ströme in der Grössenordnung von 2 bis 3 A ohne weiteres einen solchen Lichtbogen zwischen Streckentrennern erhalten können. Bleibt dieser so lange stehen, bis die Lokomotive unter den zweiten Streckentrenner gelangt ist, wird damit die direkte Verbindung zwischen den beiden Systemen eingeleitet. Dies soll die automatische Hauptschalter-Auslösevorrichtung mit Sicherheit verhüten. Zu diesem Zweck ist vor der Streckentrennern in einer Distanz, die bei Maximalgeschwindigkeit den maximalen Auslösezeiten der Relais und des Hauptschalters entspricht, ein Gleismagnet angebracht, der einen konstanten magnetischen Fluss in der Vertikalen erzeugt. Er bringt so an der Lokomotive ein magnetisches Empfangsrelais zum Ansprechen, das seinerseits eine einfache Relaisapparatur derart steuert, dass der Hauptschalter rasch ausgeschaltet wird. Die Apparatur funktioniert damit geschwindigkeitsunabhängig, da das Empfangsrelais nicht induktiv, sondern direkt auf die magnetische Kraft, die der Gleismagnet im Anker des Empfangsrelais erzeugt, reagiert.

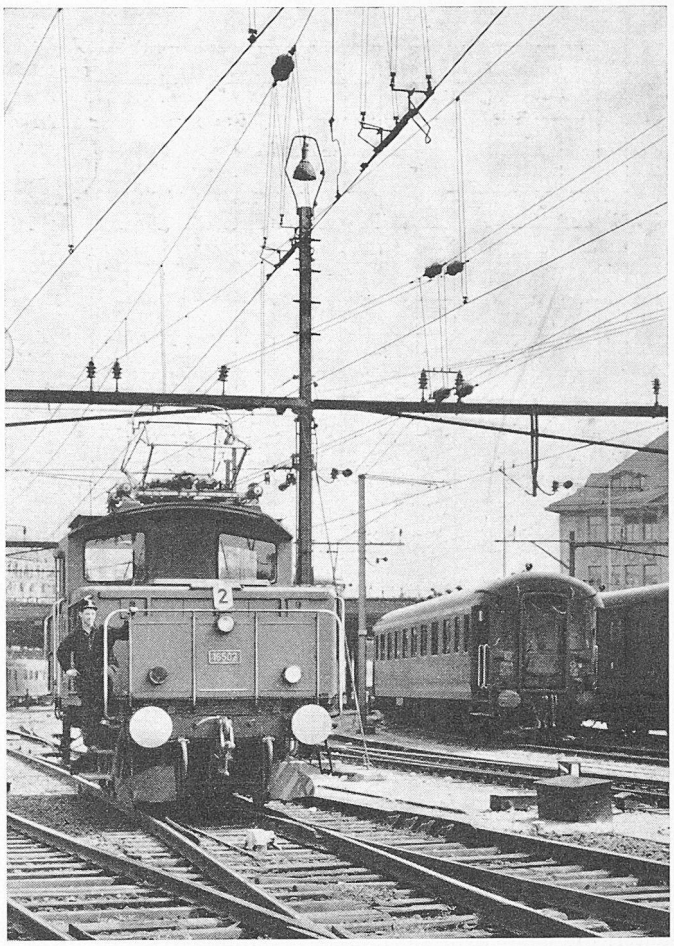
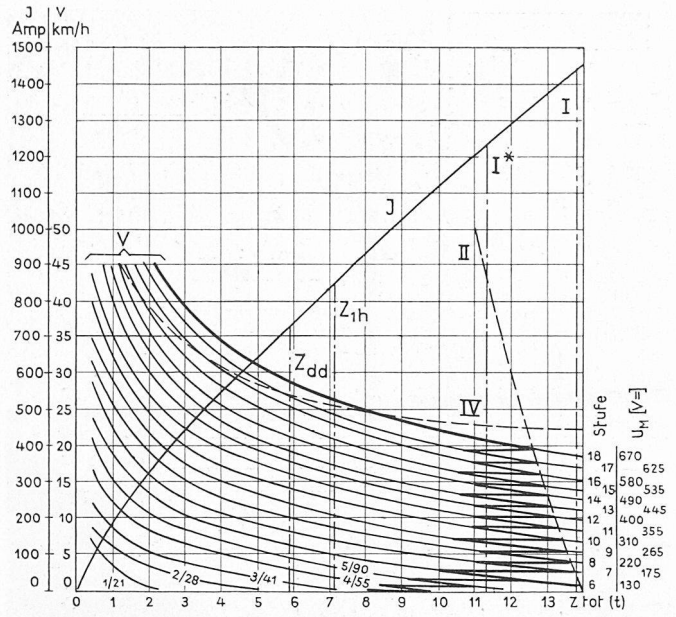


Bild 10. Zweifrequenz-Rangierlokomotive vor einer System-Trennstelle stelle

3.24. *Der Fahrmotor als Direktmotor*

Wie oben erwähnt, werden die Fahrmotoren der Lokomotiven 16503 und 04 mit der jeweiligen Netzfrequenz betrieben. Sie sind so gebaut, dass sie bei beiden Frequenzen einwandfrei kommutieren. Von den verschiedenen bekannten Möglichkeiten für den Bau von 50-Hz-Einphasen-Serie-Kollektormotoren wählte die MFO die Zweifachparallel- oder Doppelschleifenwicklung im Rotor. Diese Wicklungsart ($a = 2p$) hat den Vorteil, dass sie nur die halbe Windungs-



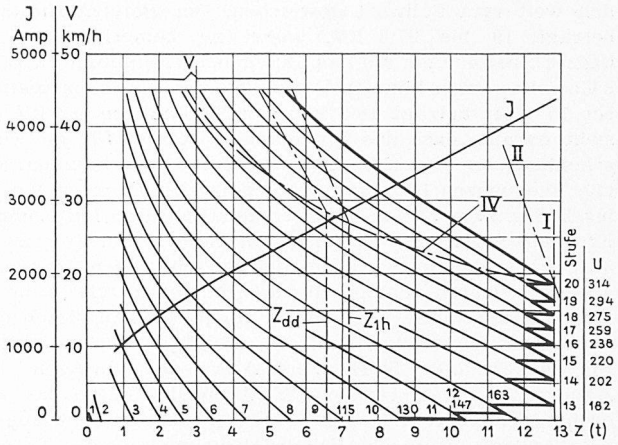


Bild 12. Fahrzeugcharakteristik für 50 Hz der Direktmotorlokomotiven 16503/04

Bild 13 (links). Fahrzeugcharakteristik für 50 Hz der Gleichrichterlokomotiven 16501/02

zahl einer kommutierenden Ankerspule gegenüber der Einfach-Parallelwicklung ($a = p$) aufweist. Diese Eigenschaft gibt dem Motorenberechner die Möglichkeit, die transformatorische Spannung in der kommutierenden Spule trotz Speisung mit 50 Hz in erlaubten Grenzen zu halten, ohne dass dabei das Drehmoment und die Leistung pro Polpaar unwirtschaftlich klein wird.

Doppelschleifenwicklungen bedingen allerdings Ausgleichsleiterverbindungen zweiter Ordnung, d. h. Ausgleichsleiter, die äquipotentiale Punkte der Rotorwicklung auf der Kollektorseite mit der Gegenseite verbinden. Es ist also notwendig, diese Ausgleichsleiter durch das Ankereisen hindurchzuführen, was eine nicht unerhebliche Komplikation bei möglichen Ankerreparaturen bedingt. Die Kollektorlänge ist des hohen Motorstromes wegen gegenüber einem Motor für 16⅔ Hz vergrössert, was eine sorgfältige Kollektorkonstruktion und -fabrikation erfordert. Für 50-Hz-Motoren hat sich dieser Weg immerhin als einer der gangbarsten erwiesen.

Wie in Bild 3 mit zugehöriger Schalttabelle der Hüpfer zeigt, wird bei 16⅔ Hz dem ohmschen Wendepolshunt ein induktiver parallelgeschaltet. Dieser wird beim 50-Hz-Betrieb ebenfalls zum Shunten der Hauptpol-Wicklung von 0 bis 5 km/h Fahrgeschwindigkeit verwendet. Diese Shuntung hat den Zweck, die transformatorische Spannung in der kommutierenden Wicklung bei den bei diesen Lokomotiven häufigen schweren Anfahrten zu ermässigen. Bei Stundenstrom bzw. Anfahrstrom beträgt bei 50 Hz die transformatorische Spannung ohne Shuntung 4,2 bzw. 4,9 V, mit Shuntung 3,95 bzw. 4,7 V.

Was die übrige Auslegung des Zweifrequenz-Fahrmotors und seine Konstruktion betrifft, entspricht sie im allgemeinen der heutigen Technik der 16⅔-Hz-Fahrmotoren [2]).

3.25. *Der Fahrmotor als Wellenstrommotor*

Die Motoren der Lokomotiven 16501, 02, 05 und 06 werden von ein- (BBC) oder zwei-anodigen (SAAS) Quecksilberdampfgleichrichtern gespeist. Die Gleichrichter sind dabei im gesamten Leistungsbereich voll ausgesteuert, d. h. auf das Mittel der Gittersteuerung für die Leistungsregulierung wurde mangels diesbezüglicher Erfahrung bei den verwendeten Gefässen wie bezüglich der Rückwirkungen auf das Netz und auf Fernmeldeanlagen verzichtet. Betriebsversuche mit Gittersteuerung werden zurzeit durchgeführt.

[2]) P. Leyvraz und A. Schäfer, Zweifrequenz-Rangierlokomotive der SBB, SBZ 1958, Heft 25, S. 371. Dieser Aufsatz beschreibt die Direktmotor-Lokomotiven Ee 3/3II 16503 und 04.

Bild 11 zeigt die Spannung am Gleichrichter. Sie hat die Form von aneinandergefügten Sinus-Halbwellen, die jedoch durch die Grösse des Ueberlappungswinkels getrennt sind. Würde ein gewöhnlicher Gleichstrommotor mit dieser Spannung gespeist, müsste er zusätzliche Wechselstromeinwirkungen aufnehmen. Diese bestehen in grösseren Stromwärmeverlusten, zusätzlichen Eisenverlusten und der Bildung einer transformatorischen Spannung in der kommutierenden Spule des Ankers.

Die Abhilfemassnahmen für die oben genannten Wechselstromeinwirkungen wurden bei den Fahrmotoren der Lokomotiven 16501, 02, 05 und 06 hauptsächlich folgendermassen ausgeführt: In den Fahrmotorstromkreis ist eine Glättungsdrosselspule mit geeigneter Induktivität geschaltet (Bilder 4, 5 und 14). Zum Hauptpol des Fahrmotors wird ein ohmscher Shunt parallel geschaltet (Bilder 4 und 5). Die Haupt- und Wendpole der 4 Fahrmotoren sind geblecht (Bild 16). Durch das Einschalten der Glättungsdrosselspule wird die Welligkeit des Stroms auf das gewünschte Mass verringert, so dass damit die Verluste vermindert werden. Zugleich wird der Hauptpolfluss in seiner Welligkeit verkleinert, was zu einer Reduktion der transformatorischen Spannung in der kommutierenden Wicklung des Ankers führt. Bei beiden Gleichrichterlokomotivtypen wurde die Induktivität der Glättungsdrosselspule so gewählt, dass mit der Motorinduktivität zusammen eine Welligkeit von der Grössenordnung von 30 % bei 16⅔ Hz entsteht [3]).

Eine weitere Unterstützung dieser Bemühung wird durch den ohmschen Widerstand erreicht, der parallel zur Hauptpolwicklung geschaltet ist. Dieser Shunt ist möglichst induktionsfrei ausgeführt, um die Oberwellen — es handelt

[3]) Die Welligkeit ist durch den Ausdruck definiert $(I_{max} - I_{min}) / (I_{max} + I_{min})$

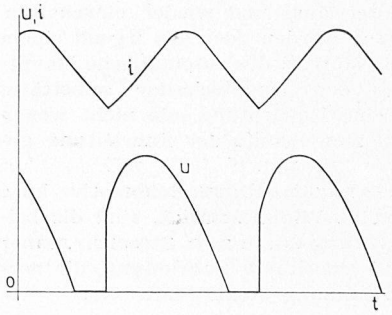


Bild 11. Form der Spannung u und des Stroms i am Gleichrichter.

sich zur Hauptsache um jenen Teil, der die doppelte Netzfrequenz aufweist — von der Hauptpolwicklung fernzuhalten. Immerhin erhält man dabei eine Schwächung des Feldes und damit eine Schwächung des Drehmomentes. Dieser Verlust wird jedoch wieder mit einer entsprechend vergrösserten Anzahl Ampèrewindungen des Hauptpols wettgemacht. Da es sich um eine relativ kleine Feldschwächung handelt und in Serie zum Fahrmotor grosse Impedanzen geschaltet sind, wirken sich momentane Spannungsunterbrüche infolge Stromabnehmerabspringen nicht schädlich aus.

Das Blechen des Stators vermindert die Eisenverluste, die durch die Restwelligkeit des Stroms verursacht werden. Um jedoch den magnetischen Widerstand im Stator dadurch nicht zu klein werden zu lassen — die Welligkeit des Flusses würde dadurch zunehmen — wird das Joch des Stators aus Massiv-Eisen ausgeführt. Zuviel Massiv-Eisen im Stator würde sich jedoch verschlechternd auf die Phasenverschiebung zwischen der Wechselstromkomponente des Wendepolflusses und des Ankerstromes auswirken und so die Kommutation ungünstig beeinflussen. Man ersieht daraus, dass sich die drei Forderungen: Niedrighalten der Eisenverluste, kleine Welligkeit des Hauptpolflusses und möglichst geringe Phasenverschiebung zwischen Wechselstromkomponente des Wendepolflusses und des Ankerstromes in ihren Konsequenzen teilweise diametral gegenüber stehen. Die bei den Lokomotiven 16501/02 und 16505/06 ausgeführte Lösung mit geblechten Haupt- und Wendepolen, mit massivem Joch, Glättungsdrosselspule und Hauptpolshunt stellt eine hinsichtlich den obgenannten Forderungen ausgewogene Lösung dar. Bild 11 zeigt den Motorstrom i in seiner Form bei eingeschalteter Glättungsdrosselspule für die Lokomotiven 16505/06.

Wenn für die Umformung der Stromart auf der Lokomotive ein verhältnismässig grosser Aufwand für den Fahrmotor aufgebracht werden muss, so soll sich dies in erster Linie bei der Herstellung des Motors sowie bei seinem betrieblichen Verhalten gesamthaft lohnen. Folgende bekannte Merkmale des Welenstrommotors zeigen sich im 50 Hz-Betrieb auch bei den beschriebenen Lokomotiven als ausschaggebend:

a) Die Drehzahlkennlinie (Drehzahl n in Funktion des Drehmomentes M) ist hauptsächlich im Anfahrbereich flach. Wohl wird durch diese Eigenschaft bei ungefähr gleicher Stufenzahl das Verhältnis Maximalzugkraft zu Zuschaltzugkraft, d. h. der «Zuschalt-Sprung», grösser als bei steilerer Charakteristik, hingegen ist durch den kleineren Wert dV/dZ des Wellenstrommotors die Schleudertendenz im Anfahrbereich vermindert, da bei einem eventuellen Ueberschreiten der Adhäsionsgrenze die Gleitgeschwindigkeit zwischen Rad und Schiene nicht in dem Masse zunimmt, wie zum Beispiel beim Einphasenseriekollektormotor für 50 Hz, dessen Kurven einen grösseren Wert von dV/dZ aufweisen und dessen Triebräder infolgedessen eine höhere Gleitgeschwindigkeit zwischen Rad und Schiene beim Ueberschreiten der Adhäsionsgrenze erlangen werden. Bekanntlich ist aber die Reibungsziffer zwischen Rad und Schiene nicht nur eine abnehmende Funktion der Fahrgeschwindigkeit, sondern ebenfalls abnehmend in Funktion der Gleitgeschwindigkeit zwischen Rad und Schiene. Die Fahrzeugcharakteristiken für 50 Hz der Lokomotiven 16503, 04 und 16501 und 02 sind vergleichshalber in den Bildern 12 und 13 zusammengestellt.

b) Die Ueberlastbarkeit eines Wellenstrommotors kann den zweifachen Stundenstrom erreichen, während dieses Ver-

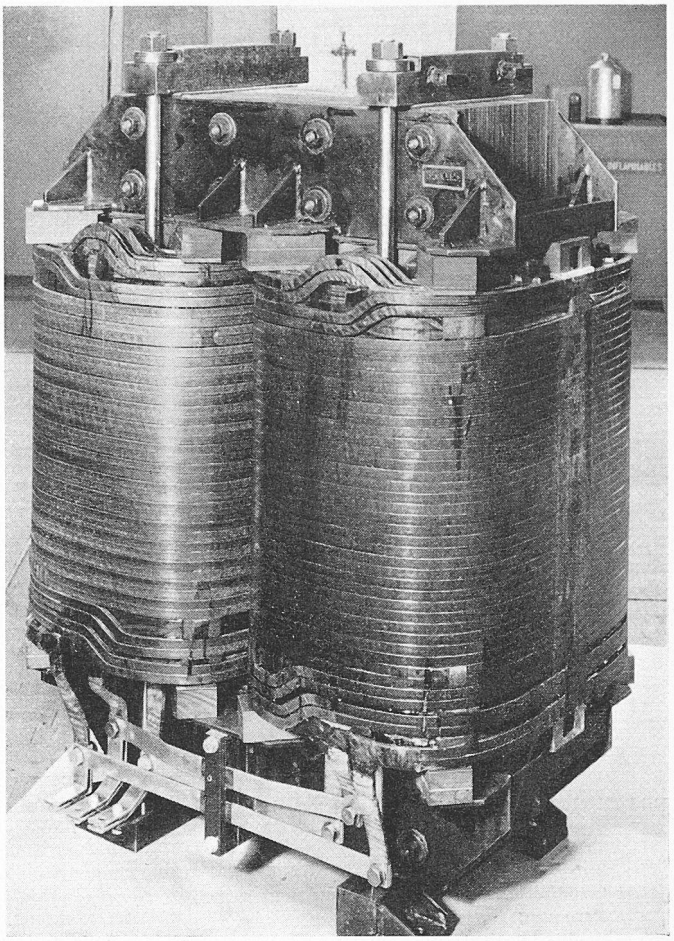


Bild 14. Glättungsdrosselspule der Lokomotiven 16505/06

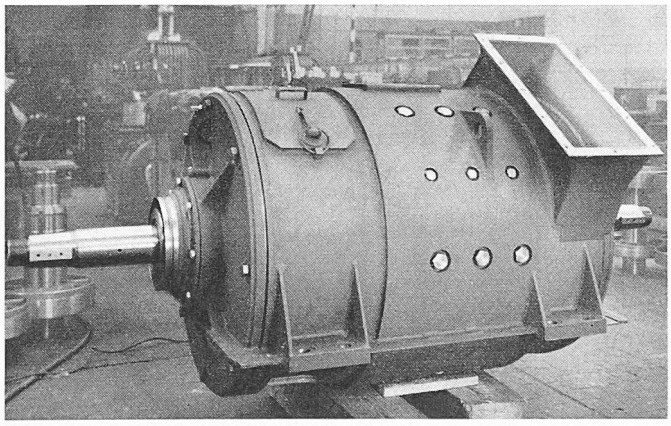


Bild 15. Wellenstrom-Fahrmotor der Lokomomtiven 16505/06

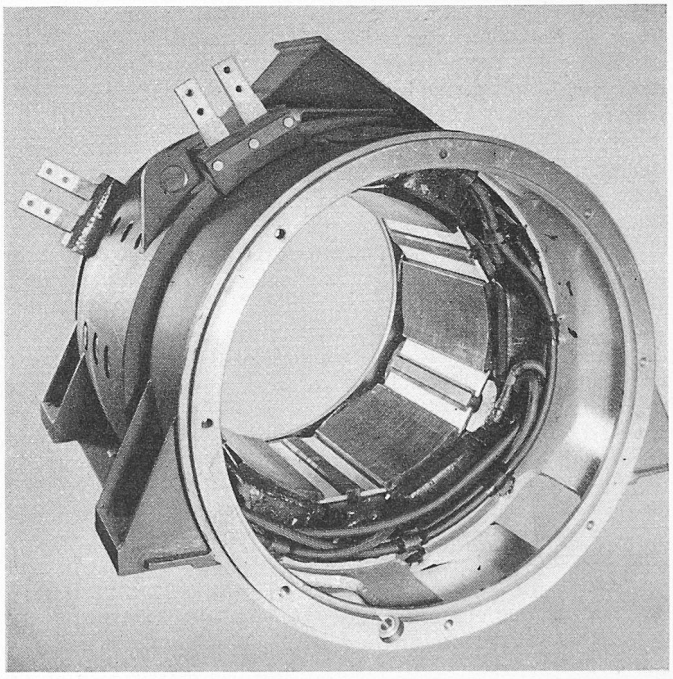


Bild 16. Stator des Wellenstrom-Fahrmotors der Lokomotiven 16505/6

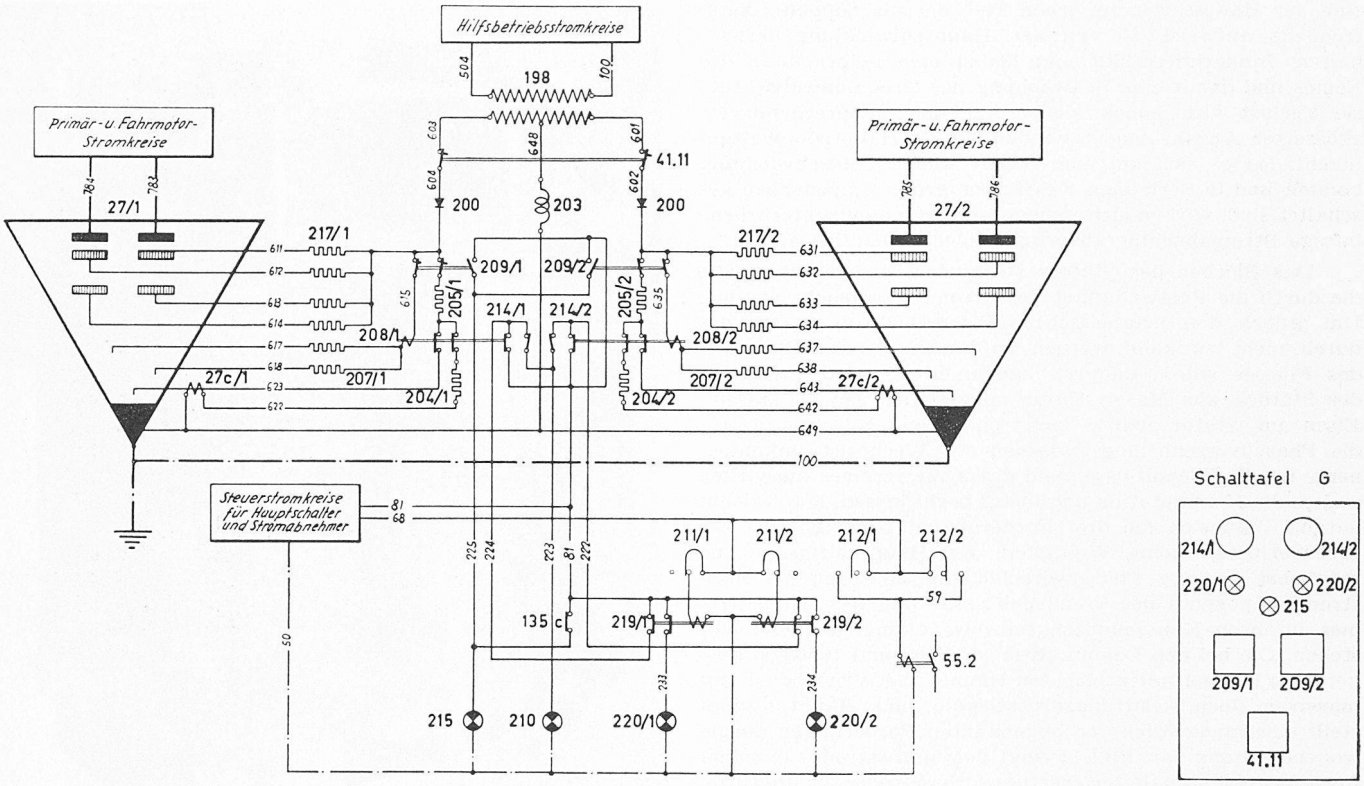


Bild 17. Lokomotive 16505/06. Schema der Zündungs- und Erregerstromkreise der Traktionsgleichrichter

27	Traktionsgleichrichter	204	Vorschaltwiderstand für Zündspule	212	Thermostat für «TGR-Ventilatorgruppe»
27c	Zündmagnet	205	Zündwiderstand	214	Schalter für Ueberwachung
41.11	Schaltautomat für Zündung und Erregung	207	Erregerwiderstand	215	Meldelampe für «Zündung und Erregung»
55.2	Schütz für Ventilatormotor	208	Erregerrelais	217	Gitterwiderstand
135c	Hilfskontakt am Hauptschalter	209	Schaltautomat für Zündüberwachung	219	Hilfsrelais für «TGR-Uebertemperatur»
198	Zünd- und Erregertransformator	210	Meldelampe für «TGR-Störung» im Führertisch	220	Meldelampe für «TGR-Uebertemperatur»
200	Gleichrichter	211	Thermostat für «TGR-Uebertemperatur»		
203	Erregerkathodendrosselspule				

hältnis bei Direktmotoren kleiner ist. Bei den beschriebenen Gleichrichterlokomotiven ist von diesem Vorteil nicht vollständig Gebrauch gemacht worden.

c) Schwere Anfahrten sind im wesentlichen durch die Erwärmung des Motors begrenzt, da eine transformatorische Spannung der kommutierenden Wicklung nicht zur Wirkung kommt. Typenversuche mit einem blockierten Motor der Lokomotiven 16505/06, der mit dem Spitzenstrom belastet war, bestätigten dieses Gleichstrom-Verhalten des Wellenstrommotors.

d) Das Drehmoment ist wohl etwas pulsierend gemäss der Grösse des Produktes aus dem praktisch konstantem Hauptpolfluss und dem Wellenstrom; es weist jedoch keine negativen und Nullwerte auf wie beim Direktmotor.

e) Dank den kleinern Strömen beim Wellenstrommotor können alle Apparate, die sich im Fahrmotorstromkreis befinden, wie z. B. Wendeschalter, Schütze, kleiner dimensioniert werden. Vergleiche von Motorgewichten und Motordimensionen sind nicht ohne weiteres schlüssig, da bei einem vorgeschriebenen Minimalgewicht der Lokomotiven von 45 t z. B. bei den Lokomotiven 16503/04 der Motor nicht gewichtssparend ausgeführt wurde, um Ballast zu vermeiden. Zudem ergab der reichlich zur Verfügung stehende Platz zwischen den beiden Antrieben einen längern Wellenstrommotor, als es für die günstigste Auslegung erforderlich gewesen wäre.

3.26 *Die Traktionsgleichrichter*

Diese sind sowohl bei den Lokomotiven 16501, 02 (BBC), wie 16 505, 06 (SAAS) als pumpenlose, edelgasgefüllte Quecksilberdampfgleichrichter für Luftkühlung ausgebildet. Sie arbeiten nach dem Prinzip des Excitrons, d. h. wenn einmal die Zündung eingeleitet ist, bleibt die Erregung (Hilfslichtbogen) zwischen einer oder zwei Hilfsanoden erhalten. Die BBC-Gleichrichter arbeiten mit einer Spritzzündung, d. h. durch die magnetische Wirkung der Zündspule wird das Quecksilber gegen die Hilfsanode gespritzt, womit der Zündvorgang und anschliessend die Erregung eingeleitet ist. Bei den SAAS-Gleichrichtern ist eine Stabzündung angebracht. Ein durch eine Zündspule in Bewegung gesetzter Zündstab erzeugt den Lichtbogen, der auf die Hilfsanode überspringt. Damit werden die Erregerrelais, Pos. 208 (Bild 17), erregt und die Zündspulen, Pos. 27c, stromlos.

Die Traktionsgleichrichter sind in Gegentakt geschaltet. Während bei den Lokomotiven 16501 und 02 einanodige Gefässe verwendet werden, sind bei den Lokomotiven 16505 und 06 zweianodige Gleichrichter montiert, was einer Parallelschaltung der beiden Gefässe entspricht. Infolgedessen ist es bei den Lokomotiven 16505 und 06 möglich, im Störungsfall mit nur einem Gleichrichter zu fahren.

Die Kühlung der Traktionsgleichrichter erfolgt mit Luft, die von einem besonderen Gebläse gefördert wird. Die Luft streicht in Richtung Kathode—Anode zwischen Gefäss und einem zu ihm konzentrisch angebrachten Stahlmantel nach oben und tritt durch eine Oeffnung in der Vorbauhaube aus. Die Kühlung wird bei den BBC-Gleichrichtern durch je ein Axialgebläse, bei den SAAS-Gleichrichtern durch ein Radialgebläse für beide Gleichrichter bewirkt.

Die Anodeneinführung wird bei den BBC-Gefässen geheizt. Die Traktionsgleichrichter brauchen bei kühler Witterung nicht vorgeheizt zu werden. Die Gefässe der Lokomotiven 16505 und 06 enthalten pro Hauptanode je ein Gitter, das unter einem konstanten positiven Potential gegenüber der Kathode steht, d. h. der Zündwinkel bleibt fest eingestellt.

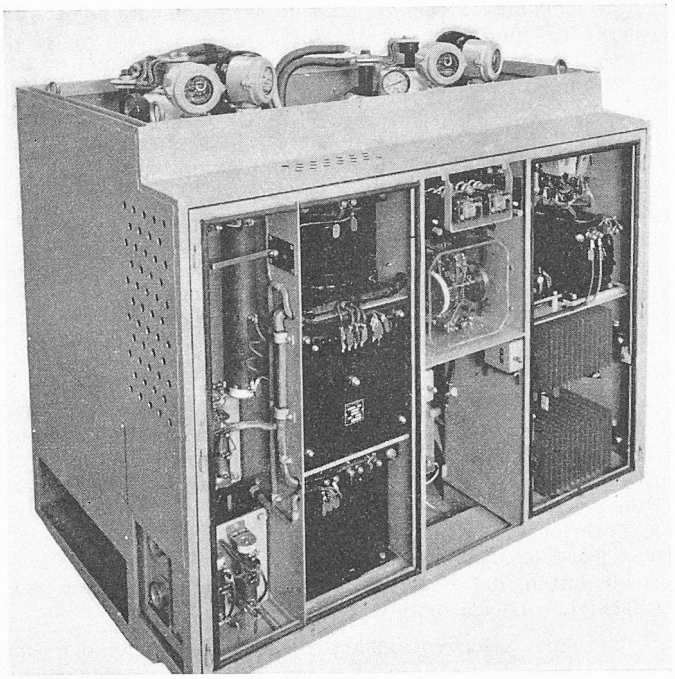


Bild 18. Traktions-Gleichrichterblock der Lokomotiven 16501/02

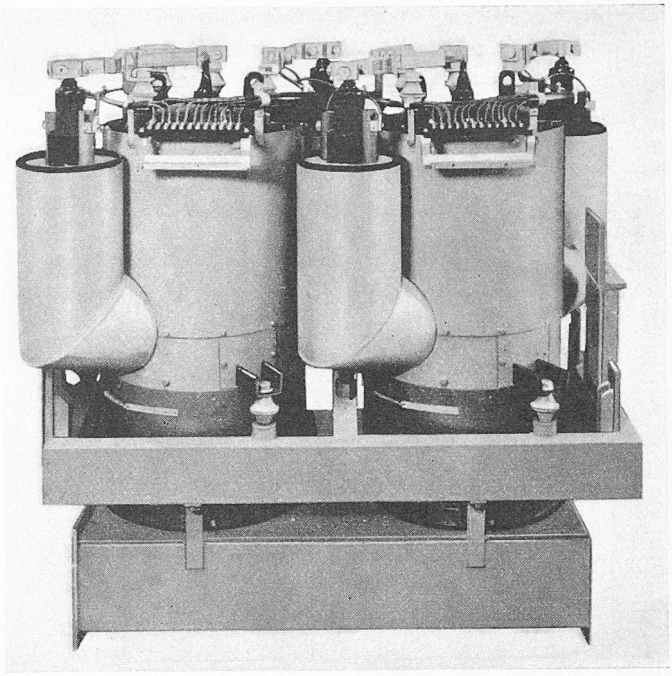


Bild 19. Traktions-Gleichrichterblock der Lokomotiven 16505/06

Die Ueberwachung der Funktionstüchtigkeit der Traktionsgleichrichter soll möglichst anspruchslos sein, da der Zusatz an Apparatur, der bei Umformungs-Triebfahrzeugen nun einmal vorhanden ist, nicht dazu nötigen darf, das Triebfahrzeug durch das Bedienungspersonal noch besonders zu überwachen. Störungen am Traktionsgleichrichter werden durch Meldelampen, die bei bestimmten gestörten Betriebszuständen aufleuchten, angezeigt. Diese sind jedoch nicht im Führertisch, sondern auf der Gleichrichterschalttafel im Führerstand «hinter dem Rücken» des Lokführers angebracht. Sie melden die Störungsfälle «Zündung — Störung», «Anodenheizung aus» (nur BBC), «Uebertemperatur». Diese Störungsfälle werden ebenfalls durch eine Führertischmeldelampe signalisiert, so dass der Lokführer nur auf diese eine Meldelampe, die sich gleich neben der Fahrmotor-Ventilations-Meldelampe und derjenigen der Hauptschalter-Auslösevorrichtung befindet, zu achten braucht.

Die Zünd- und Erregerstromkreise sowie die Schaltung der Traktionsgleichrichter-Ueberwachung der Lokomotiven 16505 und 06 sind in Bild 17 dargestellt. Bild 18 zeigt die

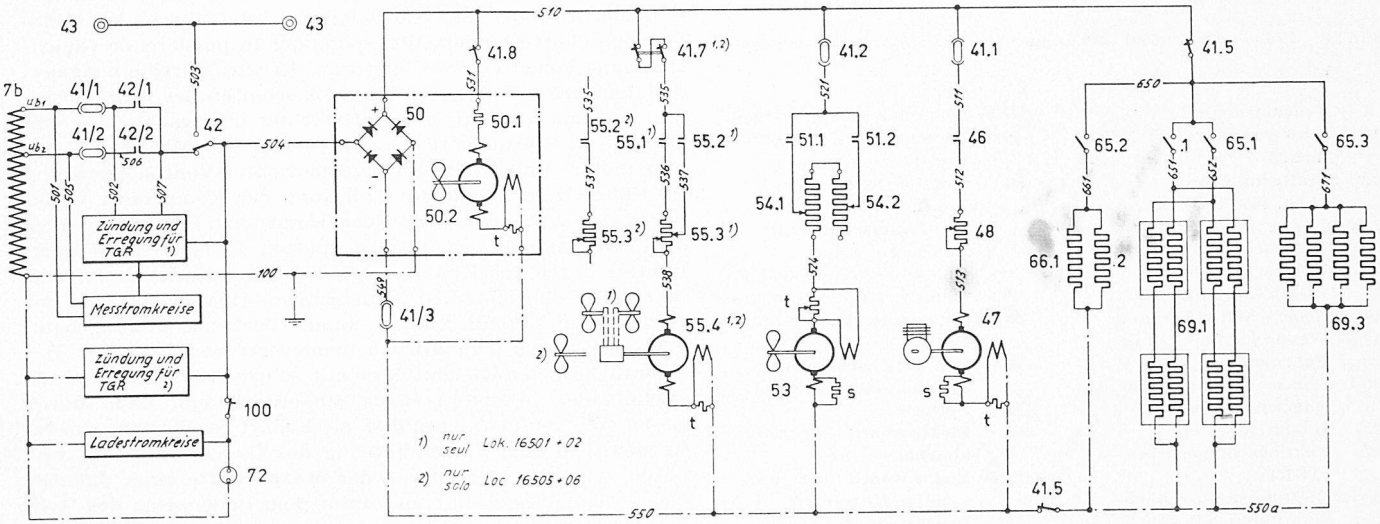


Bild 20. Lokomotiven 16501—06. Schema der Hilfsbteriebe

7 b Hilfsbetriebewicklung am Trafo
41/1 Hauptsicherung für 16 ⅔ Hz
/2 Hauptsicherung für 50 Hz
/3 Hauptsicherung für Gleichstrom
41.1 Sicherung für Pos. 47
.2 Sicherung für Pos. 53
.5 Schaltautomat für Heizung
.7 Schaltautomat für Pos. 55.4
.8 Schaltautomat für Pos. 50.2
42 Depotumschalter
42/1 Schütz für 16 ⅔ Hz
/2 Schütz für 50 Hz
43 Depotsteckdose
46 Schütz für Kompressor
47 Kompressormotor
48 Vorschaltwiderstand
50 Gleichrichter für Hilfsbetriebe
50.1 Vorschaltwiderstand
.2 Ventilatormotor für Pos. 50
51.1 Schütz für Pos. 53 (stark)
.2 Schütz für Pos. 53 (schwach)
53 Fahrmotor-Ventilatormotor
54.1/2 Vorschaltwiderstand
55.1 Schütz für Pos. 55.4 (schwach)
.2 Schütz für Pos. 55.4 (stark)
.3 Vorschaltwiderstand
.4 Ventilatormotor für Traktions-Gleichrichter
65.1 Schalter für Wandheizkörper
.2 Schalter für Fusswärmeplatte
.3 Schalter für Fensterheizung
66.1/2 Fusswärmerplatte
69.1 Wandheizkörper
.3 Fensterheizung
72 Steckdose im Führerstand
100 Schaltautomat für Ladegerät
s Ohmscher Wendepolshunt
t Ohmscher Hauptpolshunt

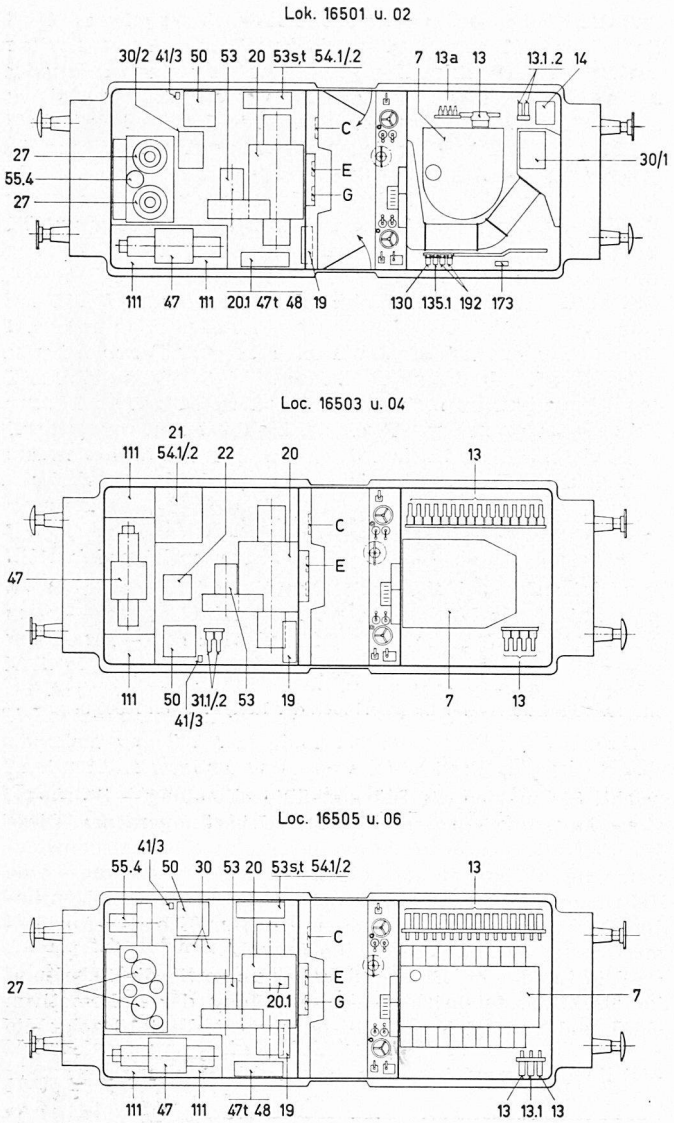


Bild 21. Lokomotiven 16501—06. Disposition der elektrischen Apparate

7	Transformator
13	Stufenschalter Lok. 16501 und 02)
13	Stufenhüpfer (Lok. 16503—06)
13a	Lastschalter
13.1/2	Ueberschaltschütze
13.3	Ueberschaltschütz für 16 ⅔ Hz und 50 Hz
14	Ueberschaltwiderstand
19	Wendeschalter
20	Fahrmotor
20.1	Ohmscher Hauptpolshunt
21	Ohmscher Wendepolshunt
22	Induktiver Shunt
27	Taktions-Gleichrichter (TGR)
30/1/2	Glättungsdrosselspule
31.1	Shunthüpfer 16 ⅔ Hz
.2	Shunthüpfer 50 Hz
41/3	Hauptsicherung für Gleichstrom
47	Rotationskompressor
47 t	Ohmscher Hauptpolshunt
48	Vorschaltwiderstand für Pos. 47
50	Hilfsbetriebe-Gleichrichter (HGR)
53	Ventilationsmotor für Fahrmotor
53 s	Ohmscher Wendepolshunt
53 t	Ohmscher Hauptpolshunt
54.1/2	Vorschaltwiderstand für Pos. 53
55.4	Ventilationsmotor für Traktions-Gleichrichter
111	Batterie
130	Elektroventil für Stromabnehmer
135.1	Elektroventil für Hauptschalter-Hilfsantrieb
173	Druckregler für Pos. 47
192	Elektroventil für Sander
C	Hilfsbetriebeschalttafel
E	Relaisschalttafel
G	Gleichrichterschalttafel

Disposition der Gleichrichter samt Zünd- und Erregerapparatur der Lokomotiven 16501 und 02. Als Blockelement lässt es sich im Vorbau leicht ein- und ausbauen. Ausserdem können die Gefässe einzeln bequem ausgewechselt werden. Sämtliche Steuerleitungen zu den Gefässen und zum Gleichrichterblock sind steckbar. Bild 19 zeigt die ähnliche Anordnung für die Gleichrichtergefässe der Lokomotiven 16505 und 06. Im Gegensatz zu den Lokomotiven 16501 und 02 ist die Zündung und Erregerapparatur fest im Vorbau montiert. Die einzelnen Gefässe können ebenfalls leicht ausgewechselt werden. Bei beiden Anordnungen sind sie federnd abgestützt. Die Federung ist für eine maximale Verzögerung von 3—5 g in der Längsrichtung ausgelegt. Diese Massnahme soll auch bei etwas heftigen Anprallen, die im Rangierverkehr vorkommen, Beschädigungen an den Gleichrichtergefässen fernhalten. Tatsächlich sind Zusammenstösse vorgekommen, bei welchen z. B. Puffer abgedrückt wurden, ohne dass dabei Gleichrichtergefässe Schaden nahmen.

3.27. *Die Hilfsbetriebe*

Gemäss dem Grundsatz, möglichst einheitliche Bausätze dort zu verwenden, wo es möglich und angebracht erschien, wurden unter anderem auch die Hilfsbetriebe einheitlich und austauschbar konstruiert. Die Hilfsbetriebe umfassen (Bild 20) die Fahrmotorventilation, einen Motorkompressor, die Traktionsgleichrichter-Ventilation (nur bei den Lokomotiven 16501, 02, 05 und 06), die Führerstandheizung, die Fusswärmeplatten, die Fensterheizung und die Ventilation des Hilfsbetriebe-Gleichrichters.

Um nicht Zweifrequenzmotoren für den Antrieb der einzelnen Hilfsbetriebe verwenden zu müssen, werden dazu Gleichstrommotoren angewendet, die von einem besonderen Hilfsbetriebe-Gleichrichter gespeist sind. Der von BBC/Elektroapparatebau Olten für alle sechs Lokomotiven gelieferte Gleichrichter bezieht seine Energie von der Hilfsbetriebewicklung des Transformators. Diese besitzt je eine Anzapfung für 16⅔ Hz und 50 Hz, die so ausgeführt sind, dass die dem Hilfsbetriebe-Gleichrichter zugeführte Spannung für beide Stromsysteme ungefähr konstant gehalten wird. Sie beträgt z. B. an der Klemme ub1 (Bild 20) 235 V für 16⅔-Hz- und an der Klemme ub2 260 V für 50-Hz-Betrieb. Jede Anzapfung ist mit einer eigenen Hilfsbetriebesicherung Pos. 41/1 und 41/2 für 16⅔ und 50 Hz versehen. Die Hilfsbetriebeschütze Pos. 42/1 und 42/2 schalten die jeweilige Anzapfung ein. Sie werden automatisch vom Frequenzwahlrelais gesteuert.

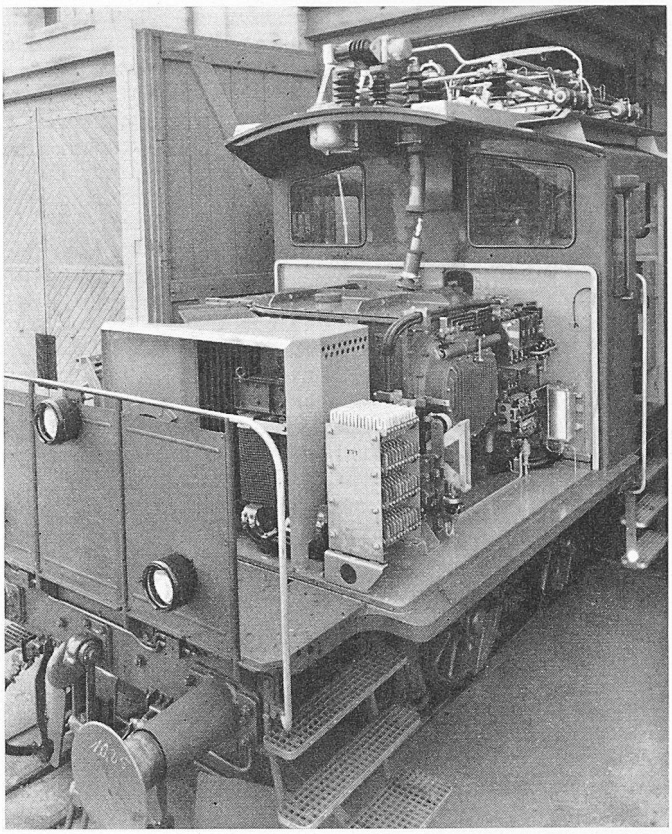
Der Hilfsbetriebe-Gleichrichter Pos. 50 ist ein Selen-Gleichrichter, der in Grätzschaltung die durch die Hilfsbetriebeschütze eingestellte Spannung in pulsierende Gleichspannung von etwa 200 V umformt. Er wird durch ein eigenes Axialgebläse gekühlt, das beim Einschalten des Hauptschalters in Funktion tritt. Ein Luftwächter überwacht diese und bewirkt im Störungsfall ein Aufleuchten der Meldelampe für Fahrmotor- und Hilfsbetriebegleichrichter-Ventilatorstörung im Führertisch. In diesem Fall kann der Kompressor weder durch den Automaten noch von Hand eingeschaltet werden, da die Belastung des unvermeidlichen Hilfsbetriebe-Gleichrichters durch den Kompressormotor zu gross ist. Der Hilfsbetriebe-Gleichrichter ist samt seinem Axialgebläse und der zugehörigen Luftführung in einem Block zusammengebaut, der einfach aus dem Vorbau demontiert werden kann. Der eigentliche Selen-Gleichrichter mit seinen Kühlfahnen ist als «Schublade» in diesen Block eingeführt und kann durch Lösen von wenigen Schrauben bei Bedarf raschestens ersetzt werden. Um eine Verschmutzung des Gleichrichters zu verhüten, wird die Kühlluft an der obern Hälfte einer Jalousie des Vorbaus angesaugt und unter dem Bodenblech des Rahmens wieder ausgestossen, wobei sie in einem Stahlwaben-Oelfilter, der bei Revisionen bequem gewaschen und wieder frisch mit Oel bespritzt werden kann, gereinigt wird. Alle Hilfsbetriebemotoren sind mit Hauptpolshunts versehen, die einen Bestandteil der festmontierten elektrischen Apparatur darstellen. Ferner sind Anpassungswiderstände mit verschiedenen Anzapfungen zur allfälligen Korrektur der entsprechenden Drehzahlen vorgeschaltet. Sie dienen auch zur Dämpfung von Einschaltstromstössen.

Sämtliche Hilfsbetriebemotoren und -apparate sind durch Sicherungen oder Schaltautomaten gesichert. Um z. B. bei Depotarbeiten (auf Doppelsteckdose umgelegter Schalter Pos. 42) die für das Depotpersonal gefährliche Spannung zwischen

Erde und Minusleiter des Hilfsbetriebe-Gleichrichters zu unterbrechen, wurde die Stecksicherung Pos. 41/3 eingebaut.

Folgende Apparate sind ebenfalls an den Hilfsbetriebeanzapfungen des Transformators angeschlossen: das Frequenzwahlrelais, die Zündungs- und Erregerapparatur für die Traktionsgleichrichter bei den Gleichrichterlokomotiven und das Batterieladegerät.

Für die *Batterieladung* wurde nicht, wie üblich, die sogenannte «schwebende Ladung» angewendet, da dies eine besondere Umformergruppe, entweder mit Zweifrequenzmotor oder aber vom Hilfsbetriebenetz gespiesen, bedingt hätte. Eine Lösung mit Transduktoren zur Erreichung dieses Ziels fiel deshalb ausser Betracht, weil für beide Frequenzen zusätzliche Umschaltapparaturen für die Transduktorwicklungen notwendig gewesen wären. Deshalb wurde die Lösung mit «arbeitender» Batterie, d. h. mit relativ stark wechselnden Ladezuständen, vorgezogen. Ein spezieller Selen-Gleichrichter, der über einen Zusatztransformator von den Hilfsbetriebeanzapfungen gespeist wird, besorgt über zwei in Serie geschaltete Ladewiderstände die Ladung der Batterie. Wird einer von ihnen von einem Spannungsrelais, das die Batteriespannung kontrolliert, kurzgeschlossen, so tritt «Stark»-Ladung ein, bis zum Erreichen der sogenannten Gasspannung der Batterie. Daraufhin wird die Ueberbrükkung dieses Widerstandes aufgehoben, und die Batterie wird nur noch schwach geladen. Ein «Sieden» der Batterie kann somit nicht vorkommen. Der Vorteil dieser Schaltung liegt darin, dass die Apparatur frequenzunabhängig arbeitet. Dieses Ladegerät mit Transformator, Gleichrichter, Ladewiderständen, Spannungsrelais und Ladeschütze ist ebenfalls in Blockform zusammengebaut und findet im untern Teil des Führertisches Platz. Es wurde von BBC/Elektroapparatebau Olten für alle sechs Rangierlokomotiven gebaut.



3.3. *Disposition*

Sie ist aus Bild 21 ersichtlich. Die Dachdisposition ist, wie beschrieben, bei allen sechs Lokomotiven genau gleich ausgeführt. Das Dach selbst gliedert sich in drei Teile, wobei die beiden äussern Enden mit zwei Stegen (als Dachlaufstege ausgeführt) verbunden sind, so dass bei Revisionen diese Dachteile mit der gesamten Dachausrüstung (abgesehen von der Lufteinführung) abgehoben werden können.

Analog wie bei den früher gebauten Rangierlokomotiven ist der vordere Vorbau mit dem Transformator samt Steuerapparatur belegt, wogegen der hintere Vorbau den Fahrmotor, die Gleichrichter und die Hilfsbetriebe aufnimmt. Im vordern Vorbau ist ebenfalls das zentrale Bremsapparategerüst angeordnet, das erstmals bei den Rangierlokomotiven in analoger Weise wie bei den heutigen modernen Streckenfahrzeugen Verwendung fand. Die oben beschriebene Kühlung des Transformators, der Glättungsdrosselspule und des Fahrmotors ist für die Lokomotiven 16503 und 04 zu ergänzen, indem ein Teil der Abluft des Fahrmotors in den Shuntraum (Bild 21, Pos. 21, 54.1/2) geblasen wird.

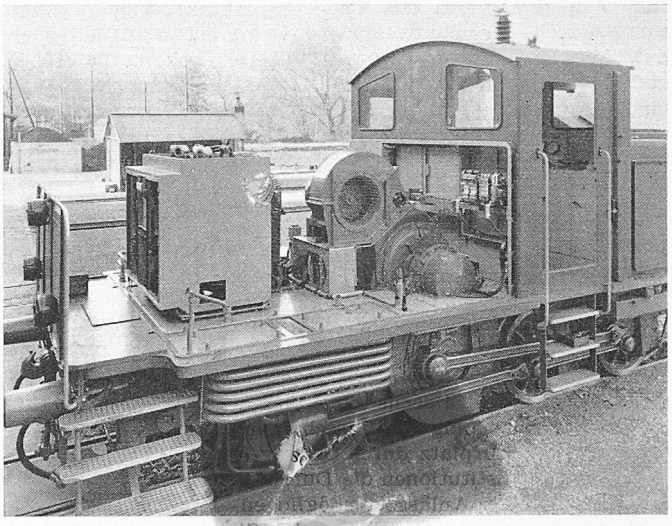


Bild 22 (oben). Lokomotiven 16501/02. Apparate im vorderen Vorbau (Vgl. Bild 6)

Bild 23 (Mitte). Lokomotiven 16501/02. Elektrische Apparate im hintern Vorbau

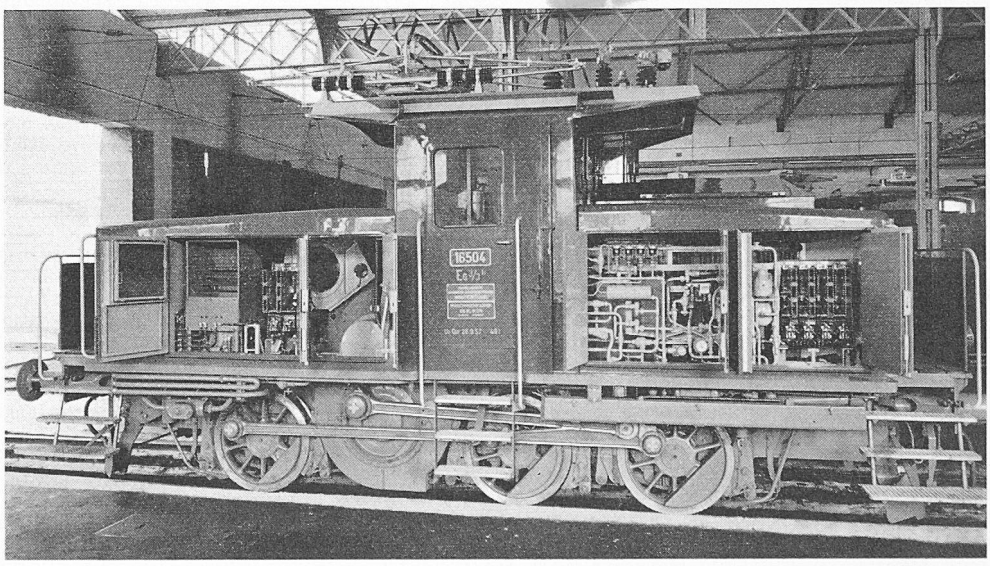


Bild 24 (rechts). Lokomotiven 16503/04. Elektrische und pneumatische Apparatur

Man erkennt, dass die Disposition der Gleichrichterlokomotiven nach dem Grundsatz möglichster Einheitlichkeit unter sich analog ist, während die Direktmotorlokomotiven im hintern Vorbau eine etwas andere Disposition aufweisen. Als Beispiel zeigt Bild 23 eine Gleichrichterlokomotive BBC während der Montage mit abgedecktem hintern Vorbau. Man erkennt dabei den Traktionsgleichrichterblock, den Fahrmotor mit aufgesetztem Motor-Ventilator, einen Teil der Glättungsdrosselspule und den Wendeschalter. Aus Bild 24 ist die Disposition der elektrischen Apparatur der Lokomotiven 16503 und 04 teilweise ersichtlich. Man erkennt links den Hilfsbetriebe-Gleichrichterblock samt Stahlwaben-Oelfilter (an der Vorbautüre angebracht) und die Hauptsicherung für den Gleichstrom der Hilfsbetriebe. Dann folgen die Shunthüpfer für 16⅔ Hz und 50 Hz sowie der Direktmotor samt Motorventilator. Rechts neben dem Führerhaus ist das Bremsapparategerüst, dahinter der Transformator und rechts aussen ein Teil der Stufenhüpfer sichtbar. Sämtliche Kabelschuhe sowohl der grössten wie kleinsten Dimension sind gepresst.

4. *Betriebserfahrungen*

Sämtliche Lokomotiven stehen seit ihrer Inbetriebsetzung — einige Unterbrechungen durch Nacharbeiten ausgenommen — im ständigen Einsatz im Grenzbahnhof Basel SBB.

Anfahrversuche, die für die SNCF auf der Strecke St-Louis—Basel auf einer Steigung von 7,5 ‰ mit einer Anhängelast von 797 t in einer Kurve von rd. 500 m Radius durchgeführt wurden, verliefen auch bei mittelmässigen Adhäsionsbedingungen sehr zufriedenstellend. Das entsprechende Anfahrdiagramm ist in Bild 25 für Lokomotive 16506 wiedergegeben. Das Zunehmen der Beschleunigung bei gleicher Zugkraft gegen das Ende der Anfahrperiode erklärt sich dadurch, dass die Steigung nach rd. 300 m abgenommen hat. Weitere Versuche wurden mit der Lokomotive 16505 auf Ersuchen der SNCF ebenfalls auf der gleichen Strecke mit 900 t Anhängelast durchgeführt. Das Adhäsionsgewicht wurde dabei auf 49 t erhöht. Auch diese Versuche verliefen sehr zufriedenstellend. Sowohl beim Direktmotor wie beim Wellenstrommotor sind Kollektorzustand und Bürstenabnützung als sehr befriedigend zu bezeichnen. Die Gleichrichter- und Steuerapparaturen arbeiten praktisch störungsfrei. Die Unterhaltkosten sind gering.

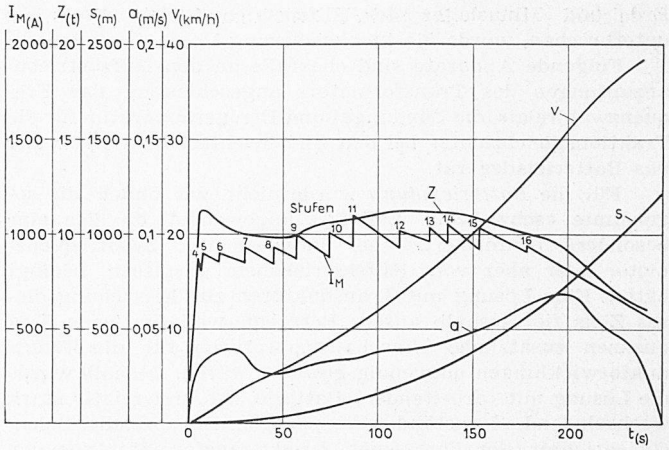


Bild 25. Anfahrdiagramm der Lokomotive 16506 mit einer Anhängelast von 797 t auf 7,5 ‰ Steigung bei 50 Hz.

Trotz der Verschiedenartigkeit der verwendeten Technik und trotz der relativ hohen Anzahl der beteiligten Lieferfirmen im Verhältnis zur Anzahl der gelieferten Lokomotiven war diesen Triebfahrzeugen im bisherigen Einsatz ein guter Erfolg beschieden. Dies darf als weiterer Beweis für die Entwicklungsfreudigkeit und den hohen technischen Stand von Neuentwicklungen der schweizerischen Triebfahrzeugindustrie einerseits und anderseits für die ständig gute Zusammenarbeit zwischen Lieferfirmen und SBB gewertet werden.

Als weitere Mehrsystem-Triebfahrzeuge sind zurzeit die Viersystem-Trans-Europ-Expresszüge und die Viersystem-Rangierlokomotiven Ee $3/3^{IV}$ im Bau. Die bisherigen Erfahrungen mit den Zweifrequenz-Rangierlokomotiven sowie die in der Zwischenzeit erzielten Erfolge auf dem Gebiete der Halbleitertechnik werden diese neuen Triebfahrzeuge massgebend beeinflussen.

Adresse des Verfassers: *H. H. Weber,* dipl. Ing. Abt. für Zugförderung und Werkstättedienst der SBB, Hochschulstrasse 6, Bern.

Wettbewerb für ein Gesellschaftshaus in Zollikon

DK 725.8

Der Gemeinderat Zollikon führte unter den ortsansässigen Architekten und sechs Eingeladenen einen Projektwettbewerb zur Erlangung von Vorschlägen für ein Gesellschaftshaus beim Dufourplatz durch. Die [illegible] Bau soll den örtlichen Vereinen und Institutionen die Durchführung kultureller und gesellschaftlicher Anlässe ermöglichen. Der Bauplatz wird nach dem Ausbau der angrenzenden Strassen noch 4000 m² umfassen.

Das Raumprogramm umfasst einen grossen Saal für rd. 600 Personen, der in zwei ungleiche Teile unterteilbar, für Konzert- und Tischbestuhlung benützbar und mit Bühne verwendbar sein muss. Angrenzend ist ein Foyer vorgesehen, das mit dem Saale kombiniert werden kann. Nebenanlagen zum Saale sind Garderobe, Ventilation, WC und Telephonkabinen. Die Bühne von 80 m² Grundfläche mit Bühnenöffnung von 9 m soll rd. 150 Personen fassen können; ein Schnürboden ist nicht verlangt. Ein kleiner, ebenfalls unterteilbarer Saal für 150 Personen ist für kleinere Anlässe vorgesehen; er soll separat benützbar sein und mit dem Restaurant in guter Beziehung stehen. Für die Vereine ist ein akustisch abgetrenntes Uebungszimmer zu entwerfen. Das Restaurant umfasst Gaststube und Sitzungszimmer. Zu diesen Haupträumen gehören Küche, Keller und Nebenanlagen, Wirtewohnung, zwei Kegelbahnen und 15 Parkplätze.

Eingegangen sind 15 Entwürfe, die alle zur Beurteilung zugelassen werden. Im ersten Rundgang wird keines, im zweiten und dritten werden je vier Projekte ausgeschieden. Rangordnung und Preisverteilung siehe SBZ 1959, Nr. 38, S. 620.

Das Preisgericht empfiehlt dem Gemeinderat, den Verfasser des an erster Stelle stehenden Entwurfes mit der Weiterbearbeitung und der Ausführung der Bauaufgabe zu betrauen. Dabei ist der Kritik in der Beurteilung Rechnung zu tragen. Sämtliche Beschlüsse wurden einstimmig gefasst.

Das Preisgericht: Dr. R. Steiger, W. Stücheli, R. Landolt, Prof. A. Roth, H. Weideli, E. Waser, A. Borsari, F. Bächi, H. Klöti, H. V. Grieshaber, R. Joss.

Entwurf Nr. 9: 17 949 000 m³, ohne Garage 14 564 000 m³. Der Verfasser entwickelt das Gebäude auf verhältnismässig kleiner Grundfläche in der Südostecke des Geländes. Die Freifläche gegen Dufourplatz wird für offenen und gedeckten Autopark verwendet. Die Restaurationsräume sind längs der Westseite angeordnet.

Als positiv bewertet: Richtige Lage des Baukörpers mit Freihaltung des Vorgeländes gegen Dufourplatz. Richtiger Hauptzugang von der Bahnhofstrasse. Gute Lage und Ausbildung des offenen Parkplatzes und wertvoller Vorschlag eines unterirdischen Einstellraumes, der auch als Warenanlieferung für die Küche dient. An der verkehrsreichen Zollikerstrasse keine Parkplätze und Ausfahrten. Zusammengefasster Eingang für Saal und Restaurationsbetrieb. Gut bemessene Einstellhalle mit übersichtlicher und zweckmässiger Anordnung von Treppe, Garderobe, WC-Anlagen und Zugängen zum Restaurant und kleinen Saal. Restaurant und kleiner Saal gut gelegen, dem Gelände angepasste Staffelung der Freiterrasse. Sehr gut organisierte Küche in richtiger Lage. In organisatorischer Hinsicht wohl überlegte Gliederung von Foyer, Saal und Nebenräumen. Zweckmässige Anlage von Bühne und Nebenbühne mit darunter liegendem Stuhlmagazin und