





Im Jahre 1957 haben die Staatsbahnen von Frankreich, Belgien, Westdeutschland, Italien und der Schweiz sowie die Niederländischen Eisenbahnen neuartige Dieseltriebzüge in den Dienst gestellt, die in einheitlichen Farbtönen gestrichen und als «Trans Europ Express-Züge» bezeichnet worden waren. Die abgekürzte Bezeichnung «TEE-Züge» ist heute jedermann geläufig, denn diese Züge erzeugten in ihrem Bereich eine Renaissance des Eisenbahn-Personenverkehrs. Die Gründe dafür liegen wohl mehr noch als in der hohen Reisegeschwindigkeit im gehobenen Reisekomfort dieser Züge. Die fast lautlose und erschütterungsfreie Fahrt, die bequemen Sitze, die vollkonditionierte frische Luft und die gute Verpflegung helfen die Reise genussreich und erholsam gestalten. Die Zahl der TEE-Zug-Reisenden war von Anfang an erfreulich hoch und nahm in der Folge in den meisten Zugverbindungen ständig zu.

Im bisherigen Verkehrsnetz der TEE-Züge, das 70 Verkehrszentren der erwähnten Länder umfasst, fehlte die Verbindung zwischen Zürich und Mailand einerseits und Mailand und Paris andererseits. Diese Lücke haben die SBB im Jahre 1961 im Einvernehmen mit den französischen und italienischen Staatsbahnen durch die Bestellung von 4 elektrischen Trans Europ Express-Zügen schliessen können. Diese Zugkompositionen wurden am 1. Juli 1961 eingesetzt als:

TEE «TICINO» und «GOTTARDO»	Zürich—Gotthard—Mailand	293 km
	Reisegeschwindigkeit	73 km/h
TEE «CISALPIN»	Mailand—Simplon—Paris	822 km
	Reisegeschwindigkeit	103 km/h

Die Schweizerische Industrie-Gesellschaft Neuhausen am Rheinfall

entwarf, konstruierte und baute die kompletten mechanischen Teile sowohl des sechsachsigen Maschinenwagens wie der übrigen Zugselemente. Die geschmackvolle Innenausstattung verbunden mit der konsequenten Verwirklichung aller weiteren, für hohen Fahrkomfort unerlässlichen Komponenten (wie Luftkonditionierung, Laufeigenschaften, Beleuchtung, Schallisolation, Bewegungsfreiheit usw.) schufen eine bis dahin unerreichte behagliche Atmosphäre. Die neuartige Gesamtkonzeption der elektrischen TEE-Züge vermochte rasch das anspruchsvolle internationale Reisepublikum zu begeistern und erfreut sich seither ständig zunehmender Beliebtheit.

Die Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich,

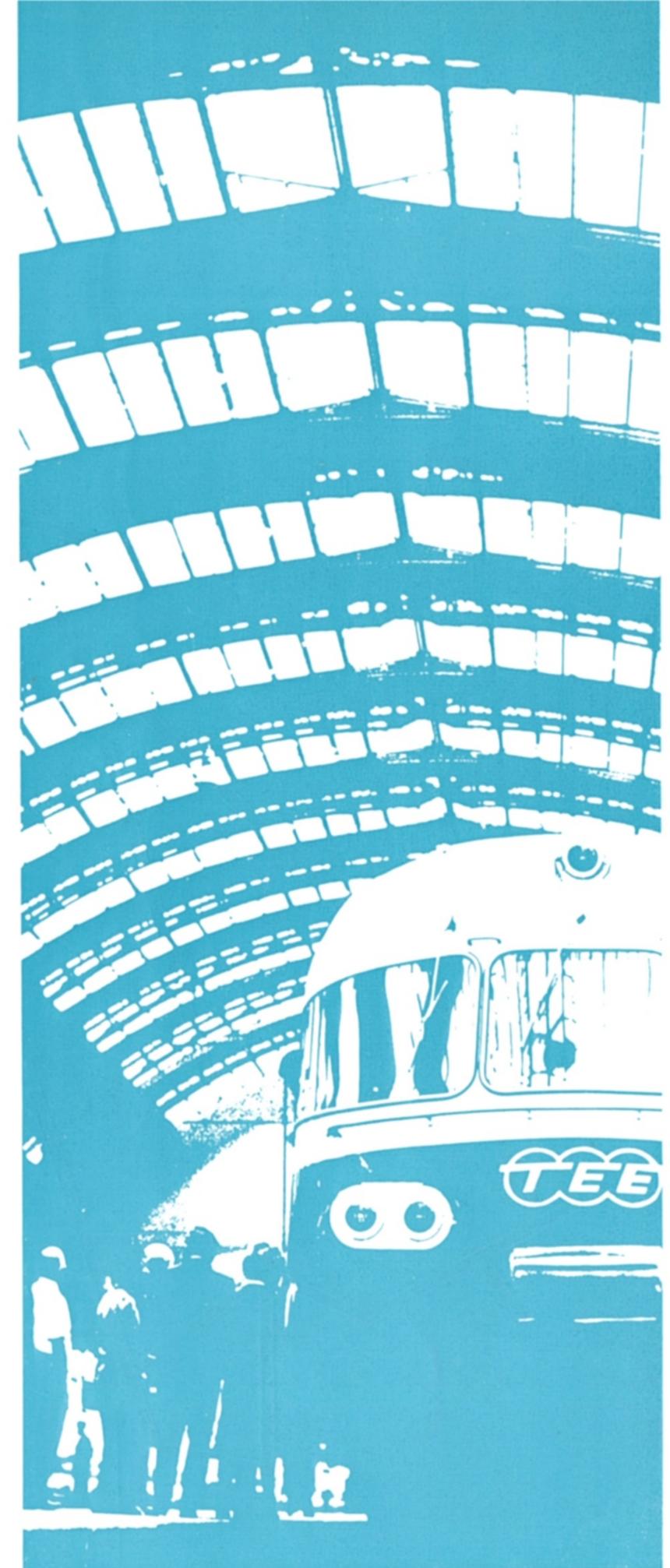
berechnete, konstruierte und fabrizierte die elektrische Ausrüstung und baute sie in die mechanischen Teile ein. Die erstmalige Realisierung des Wellenspannungs-Fahrmotors in Verbindung mit Silizium-Gleichrichtern, die elegante Lösung zur Speisung der Hilfsbetriebe sowie die weitgehende Automatik für Stromsystemwahl und Steuerung sind für die Entwicklung auf dem Traktionsgebiet richtungweisend.

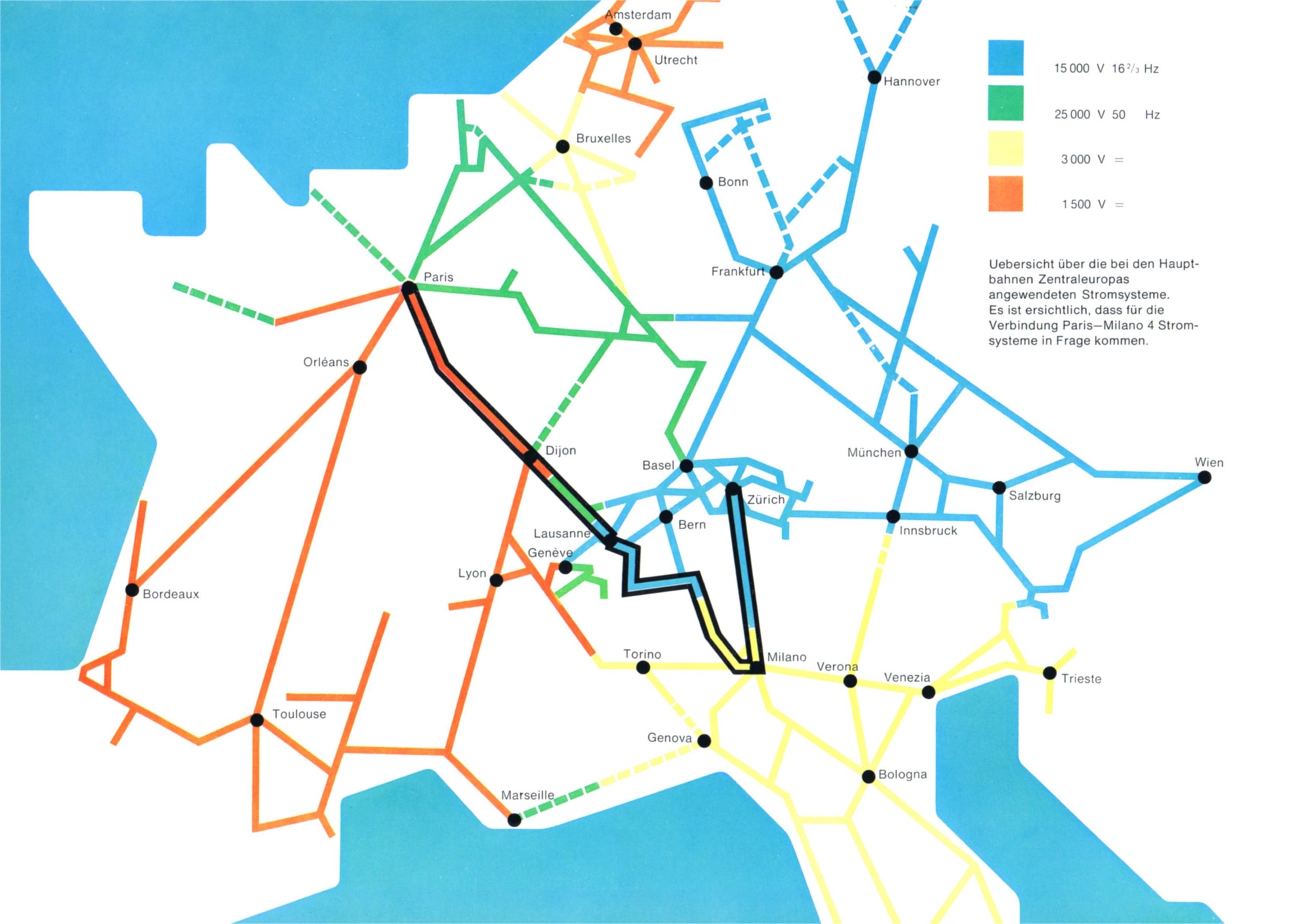
Elektrische Trans Europ Express-Züge der Schweizerischen Bundesbahnen für 4 Stromsysteme

Während alle früher gebauten TEE-Züge mit Dieselmotoren betrieben werden, weil sie auf ihrem Lauf auch Strecken befahren, die noch nicht elektrifiziert waren, fährt der elektrische SBB-TEE-Zug nur auf elektrifizierten Bahnlinien. Die Anwendung der elektrischen Traktion war daher gegeben, um so mehr als diese Betriebsart auf den Steilrampen des Gotthards und des Simplons und in den langen Tunnels der Dieseltraktion weit überlegen ist. Erstmals stellte sich dabei das schwierige technische Problem der elektrischen Ausrüstung für 4 verschiedene Stromsysteme. Die damit verbundene schaltungs- und steuerungstechnische Komplikation durfte zudem im Führerstand nicht in Erscheinung treten. Es musste im Gegenteil dafür gesorgt werden, dass die Bedienung durch die auf den betreffenden Teilstrecken ansässigen, streckenkundigen Lokführer so einfach wie überhaupt möglich gemacht ist und dass durch etwaige Bedienungsfehler kein Schaden entstehen kann. Die elektrische Ausrüstung musste zudem gerade für diese Züge allerhöchsten Anforderungen an Betriebssicherheit und -tüchtigkeit genügen. Trotz der ganz aussergewöhnlichen Vielgestaltigkeit der elektrischen Apparatur sind die Anforderungen in jeder Hinsicht voll erfüllt worden. Dies gilt auch für den wagenbaulichen Teil.

Die Lieferfirmen haben mit dem Bau dieser Mehrstrom-Trans Europ Express-Züge eine grosse Pionierleistung erbracht, wofür ihnen Dank und Anerkennung gebührt.

Schweizerische Bundesbahnen
Obermaschineningenieur





Uebersicht über die bei den Hauptbahnen Zentraleuropas angewendeten Stromsysteme. Es ist ersichtlich, dass für die Verbindung Paris—Milano 4 Stromsysteme in Frage kommen.

Mechanischer Teil

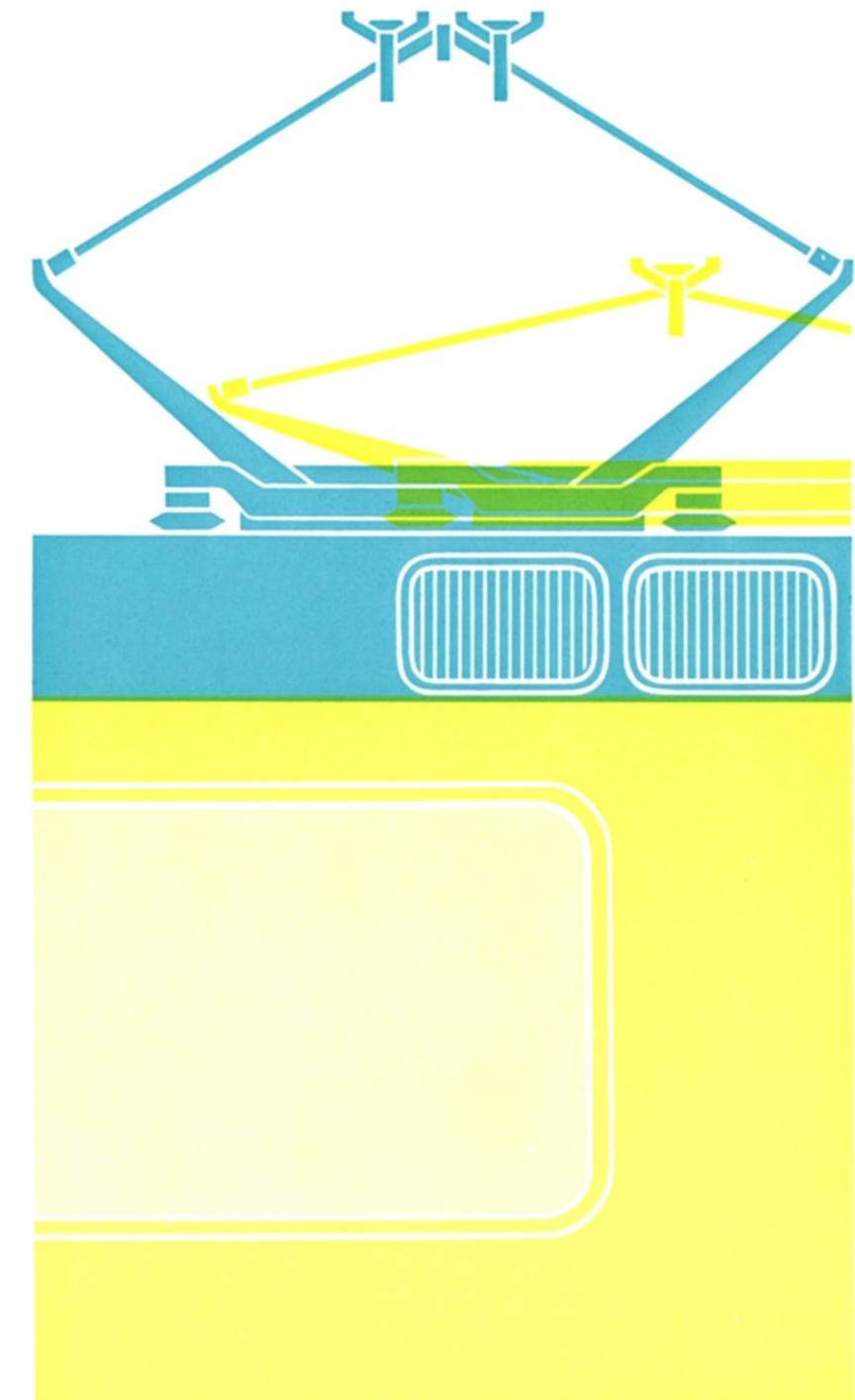
Die Vierstrom-Trans Europ Express-Züge sind in sich geschlossene Zügeinheiten. Wagenbaulich stellen sie eine Weiterentwicklung der Diesel-Trans Europ Express-Züge dar, welche die Niederländischen Eisenbahnen und die Schweizerischen Bundesbahnen im Jahre 1957 in Dienst genommen haben. Die neuen Züge bestehen aus 3 Personenwagen mit je 42 Sitzplätzen, einem Speisewagen mit Bar und dem Maschinenwagen. Im ersten und im letzten Personenwagen – den Steuerwagen – sind die Führerstände untergebracht, von denen aus der Maschinenwagen fernbedient wird. Die Komposition des TEE-Zuges ist folgendermassen aufgebaut: Steuerwagen, Maschinenwagen, Speisewagen, Zwischenwagen und zweiter Steuerwagen. Der Speisewagen liegt in der Mitte – er ist also für die Reisenden von beiden Zugenden her bequem zu erreichen (siehe Typenskizze auf der Doppelseite). Die Traktionsleistung des Zuges ist so bemessen, dass ohne weiteres ein zusätzlicher Zwischenwagen eingefügt werden kann. Der Maschinenwagen besitzt sechs Achsen, die übrigen Wagen vier. Die Farbtöne des Aussenanstrichs und die Anschriften sind gleich, die vollständig geschlossenen Uebergänge zwischen den Wagen ähnlich wie bei den Diesel-TEE-Zügen.

Steuer- und Zwischenwagen sind im Prinzip gleicher Bauart. Am äusseren Ende der Steuerwagen befindet sich über dem Drehgestell der geräumige, auch gegen den anschliessenden Einstieg-Vorraum hin verglaste Führerstand. Der Lokomotivführer hat einen umfas-

senden Ueberblick nach vorn und seitwärts; die Reisenden können vom Einstieg-Vorraum aus die Bahnstrecke überblicken und den Führer bei seiner Tätigkeit beobachten. Der Einstieg-Vorraum – bei Steuer- und Zwischenwagen identisch – ist sehr geräumig und enthält einen grossen, abschliessbaren Raum für Koffer und Mäntel.

Als typische Langstreckeneinheit weist der ganze Zug bewusst nur wenige Türen auf. An den Einstiegstüren wurden mit Rücksicht auf eine gute Abdichtung und Schallisolation besondere Vorkehrungen getroffen. Ueber den ganzen Umfang des Türlichts ist ein Gummischlauch eingeführt, der Druckluft erhält sobald die Fahrgeschwindigkeit 15 km/h übersteigt. Der Schlauch presst sich dann gegen Türrahmen und Türflügel; damit ist die Türe nicht nur hermetisch abgedichtet, sondern gleichzeitig gegen unbedachtes Oeffnen gesichert.

Der ungeteilte und dadurch sehr geräumig wirkende Sitzplatzraum bietet besonders gute Laufruhe, da er zwischen den Drehgestellen angeordnet ist. Durch seine Grösse und die harmonisch aufeinander abgestimmten Farben wirkt er leicht und wohnlich. Die Sitze sind bequem gepolstert und nach Wunsch verstellbar. Grossflächige, doppelt verglaste Fenster gewähren ungehinderten Ausblick. Zwischen den Fenstergläsern sind Lamellenstoren eingebaut, die sich mit einem elektrischen Schalter in jede gewünschte Stellung bringen lassen. Zum Ablegen von kleinerem





Gepäck dienen breite Längsgepäckträger an beiden Seitenwänden. Den Boden bedeckt ein Spannteppich; die Wände sind mit hellem Edelholz verkleidet.

Ueber dem Drehgestell, auf der Nichteinstiegseite, befinden sich je eine Herren- und Damentoilette, letztere mit einem Make-up-room für Damen. Dieser kleine, geschmackvoll gestaltete Raum ist mit einem gepolsterten Stuhl, einem Tischchen und einem dreiteiligen Spiegel versehen. In allen Toiletten steht warmes und kaltes Wasser, in jenen für Herren ausserdem eine Rasiersteckdose zur Verfügung.

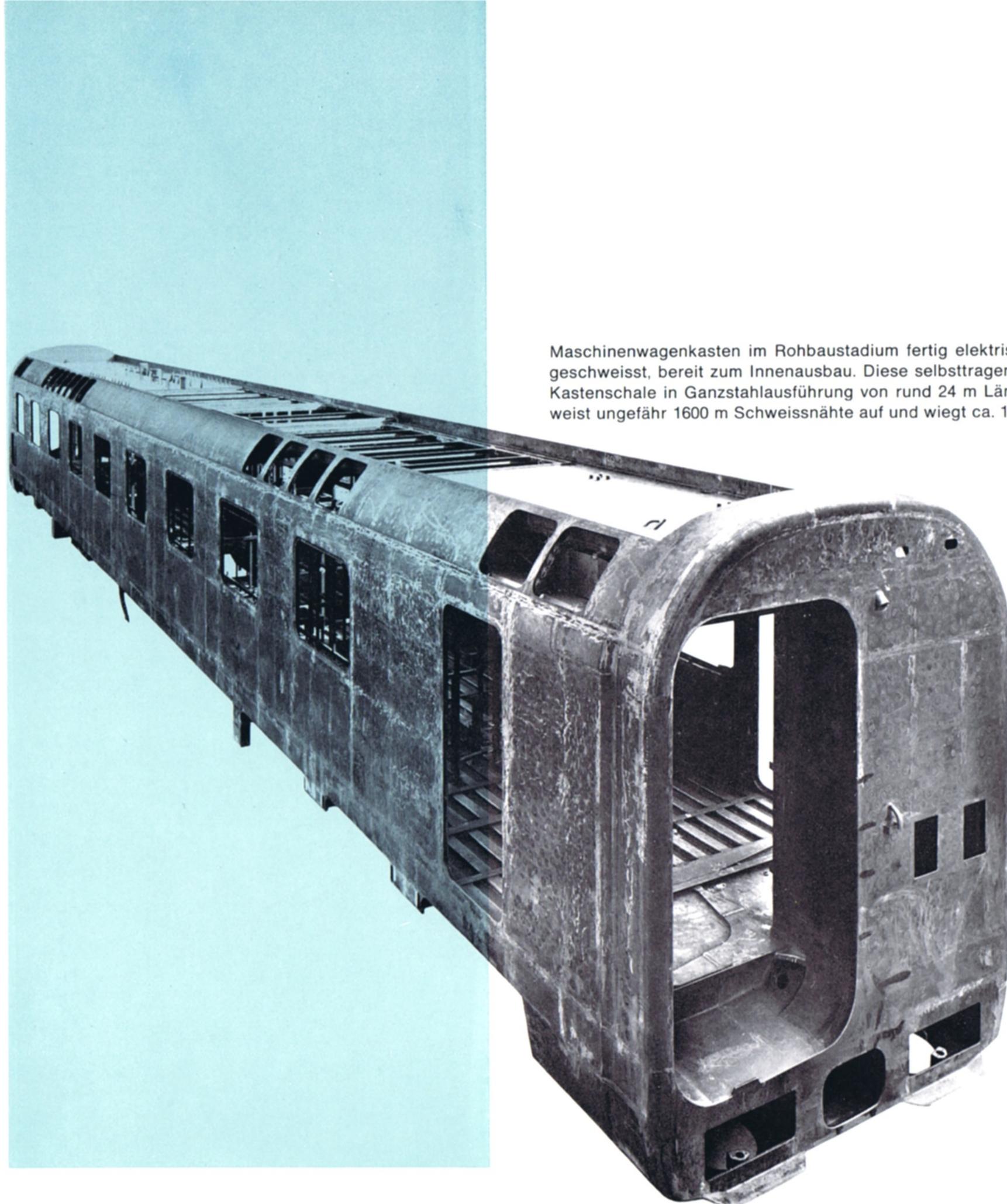
Das ungeteilte Restaurant im **Speisewagen** zählt 48 Sitzplätze; die bequem gepolsterten, freistehenden Sessel sind an Vierer- und Zweiertischen angeordnet. Die Fenster sind gleich ausgeführt wie in den Reisendenabteilen. An den Speiseraum schliesst sich eine gediegene Bar an. Sie enthält alle notwendigen Einrichtungen und Geräte, einschliesslich mehrerer Kühlschränke, Kaffeemaschinen usw. Längs der dem Bartisch gegenüberliegenden Wand befinden sich 3 kleine Tische mit je 2 Sesseln, an denen nötigenfalls auch Hauptmahlzeiten serviert werden können. Dem Speisewagenchef steht ein kleines Schreibabteil zur

TEE-Zug im Hauptbahnhof Milano.
Fahrdrahtspannung 3000 Volt Gleichstrom.

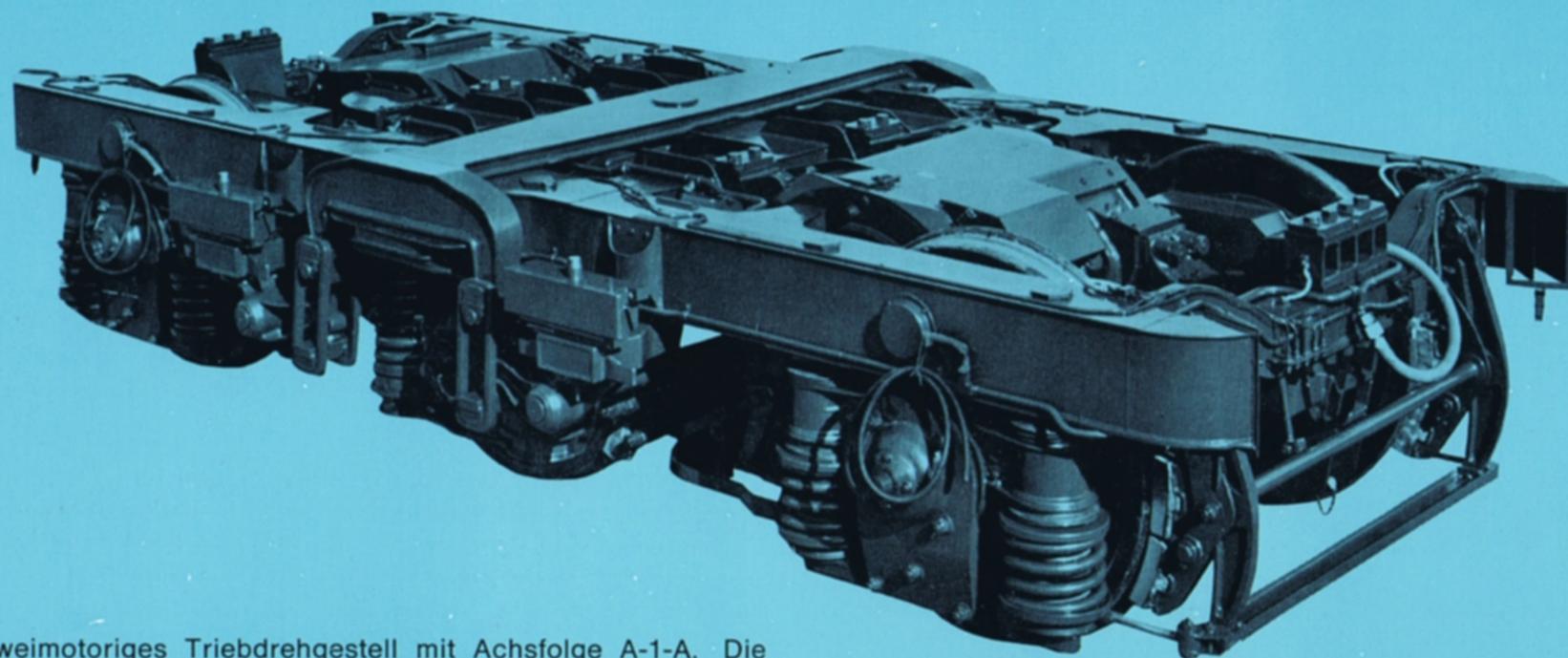
Verfügung. Von dort aus wird auch die durch die ganze Zugkomposition geführte Lautsprecheranlage bedient. Mit der Innenausstattung, der dem modernen Geschmackempfinden angepassten Farbgebung und dem gepflegten Service wird dem Reisenden ein erstklassiges «Rollendes Restaurant» geboten.

Im **Maschinenwagen** befinden sich die Küche mit Office, ein Aufenthaltsraum für das Küchen- und Bedienungspersonal, ferner eine Diensttoilette, ein Raum für das Zollpersonal, ein kleines Gepäckabteil sowie die Räume für die vielgestaltige elektrische Apparatur. Küche und Office enthalten alle Einrichtungen einer modernen leistungsfähigen Hotelküche für hohe Ansprüche, z. B. einen elektrischen fünfteiligen Herd mit zwei Backöfen, eine Friteuse und einen Grill. Fünf Kühlschränke können rund 800 Flaschen und alle Vorräte, soweit nötig auch tiefgekühlt, aufnehmen.

Alle Wagenkasten der TEE-Komposition sind in selbsttragender, leichter Stahlbauart hergestellt und vollständig elektrisch geschweisst. Die Kastenschalen sind mehrfach isoliert; im Plafond ist eine Schicht Spray-Asbest, auf den Seitenwänden und auf dem Boden ein Stankiewicz-Belag aufgetragen. Ueber diesen Belägen liegen dicke Matten «Ultralite»-Isolation. Die Bodenpartien sind zusätzlich mit Stankiewicz-Luftschall-Dämmatten und Holz abgedeckt, auf welchen die Teppiche verlegt sind. Die gesamte Bodenkonstruktion ist «schwimmend» ausgeführt, das

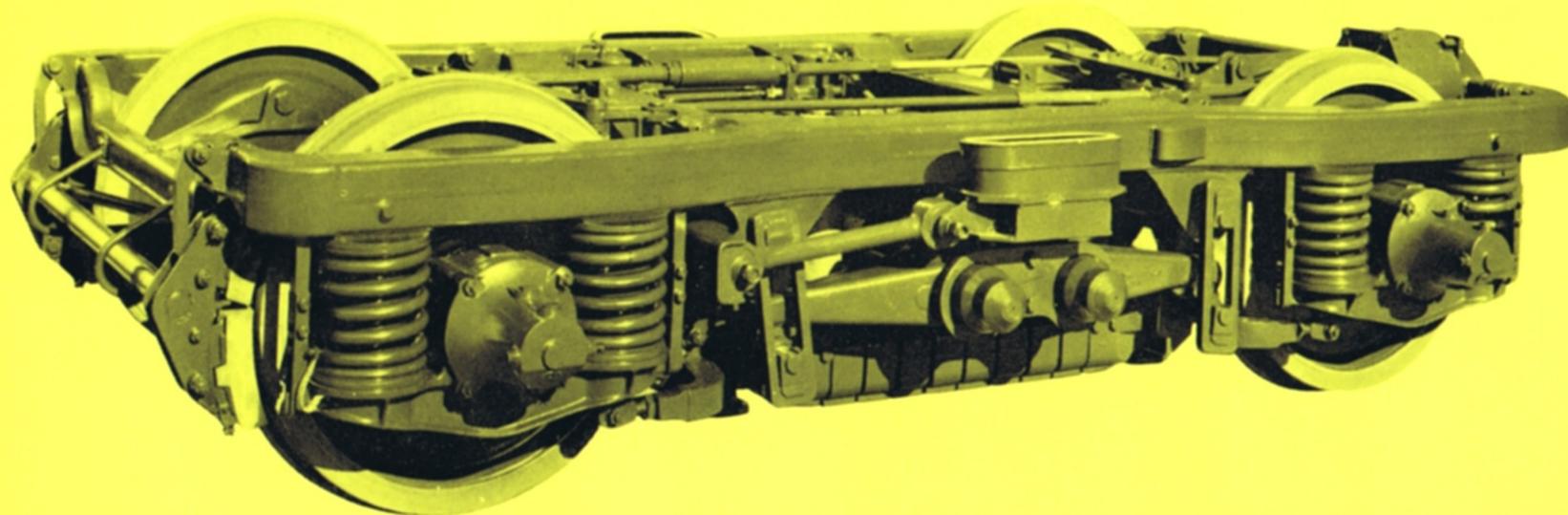


Maschinenwagenkasten im Rohbaustadium fertig elektrisch geschweisst, bereit zum Innenausbau. Diese selbsttragende Kastenschale in Ganzstahlausführung von rund 24 m Länge weist ungefähr 1600 m Schweissnähte auf und wiegt ca. 13 t.



Zweimotoriges Triebdrehgestell mit Achsfolge A-1-A. Die beiden Endachsen werden von je einem Motor angetrieben, während die mittlere als reine Tragachse dient. Als Kastenfederung ist die bewährte SIG-Torsionsstabfederung zur Anwendung gekommen.

heisst, zwischen Bodenblech und Fussboden gibt es keine direkte metallische Verbindung. Die Wände und der Plafond sind mit Holz- resp. Kunststoffplatten verkleidet. Nachdem alle Fenster überdies fest eingebaut und doppelt verglast sind und die Uebergänge zweifache Abdichtung aufweisen, wurde ein bis anhin unerreicht hoher Grad der Schallisolierung erzielt.



Zweiachsiges Laufdrehgestell mit SIG-Torsionsstabfederung. Bemerkenswert ist u. a. die in der Schweiz erstmals bei einem Vollbahnfahrzeug eingebaute Magnet-Schienenbremse.

Die Drehgestelle besitzen Pendelwiegen, die über Torsionsstäbe im Drehgestellrahmen aufgehängt sind. Bei den dreiachsigen Triebdrehgestellen befinden sich die Torsionsstäbe beidseits der mittleren Laufachse, die von der Pendelwiese gabelförmig umschlossen wird. Der Kasten des Maschinenwagens ruht auf vier mit Gummi gepolsterten Stützen auf den Wiegen. Die Drehgestellrahmen lagern über Schraubenfedern und Gummipolstern in den zylindrischen Führungen der Rollenachslagerkästen. Zwischen den Radsätzen der Laufdrehgestelle ist eine elektrische Magnet-schienenbremse eingebaut, die bei Schnellbremsungen mitwirkt. Die Höhenlage des Rahmens der Triebdrehgestelle kann hydraulisch einreguliert und dann mittels Stellschrauben festgelegt werden. Alle Gleitflächen der Drehgestelle liegen im Oelbad. Die Triebachsen haben Seitenspiel mit einstellbarer Feder-vorspannung.



Alle von den Reisenden benützten Räumlichkeiten sind voll klimatisiert. Die Luftkonditionierungsanlagen sind so reichlich bemessen, dass den Fahrgästen auch bei extremen Witterungsverhältnissen immer gereinigte Frischluft mit genau abgestimmtem Feuchtigkeitsgehalt und angenehmer Temperatur zur Verfügung steht. In die Klima-Anlage sind selbst die seitlich angeordneten Uebergänge miteinbezogen, weil diese gegen Zugluft und Staub völlig abgedichtet sind. Diese neue SIG-Konstruktion gewährleistet auch eine sehr wirksame Geräuschisolation, so dass auf die sonst üblichen Stirnwandtüren verzichtet werden konnte. Frei und ungehindert kann sich der Reisende im ganzen Zug bewegen.



Im Garderoberaum. — An «Bewegungsfreiheit» wird im elektrischen TEE-Zug ein Maximum geboten: Der Fahrgast kann sogar den Lokomotivführer bei seiner Tätigkeit beobachten und den freien Blick auf die Geleisestränge genießen.

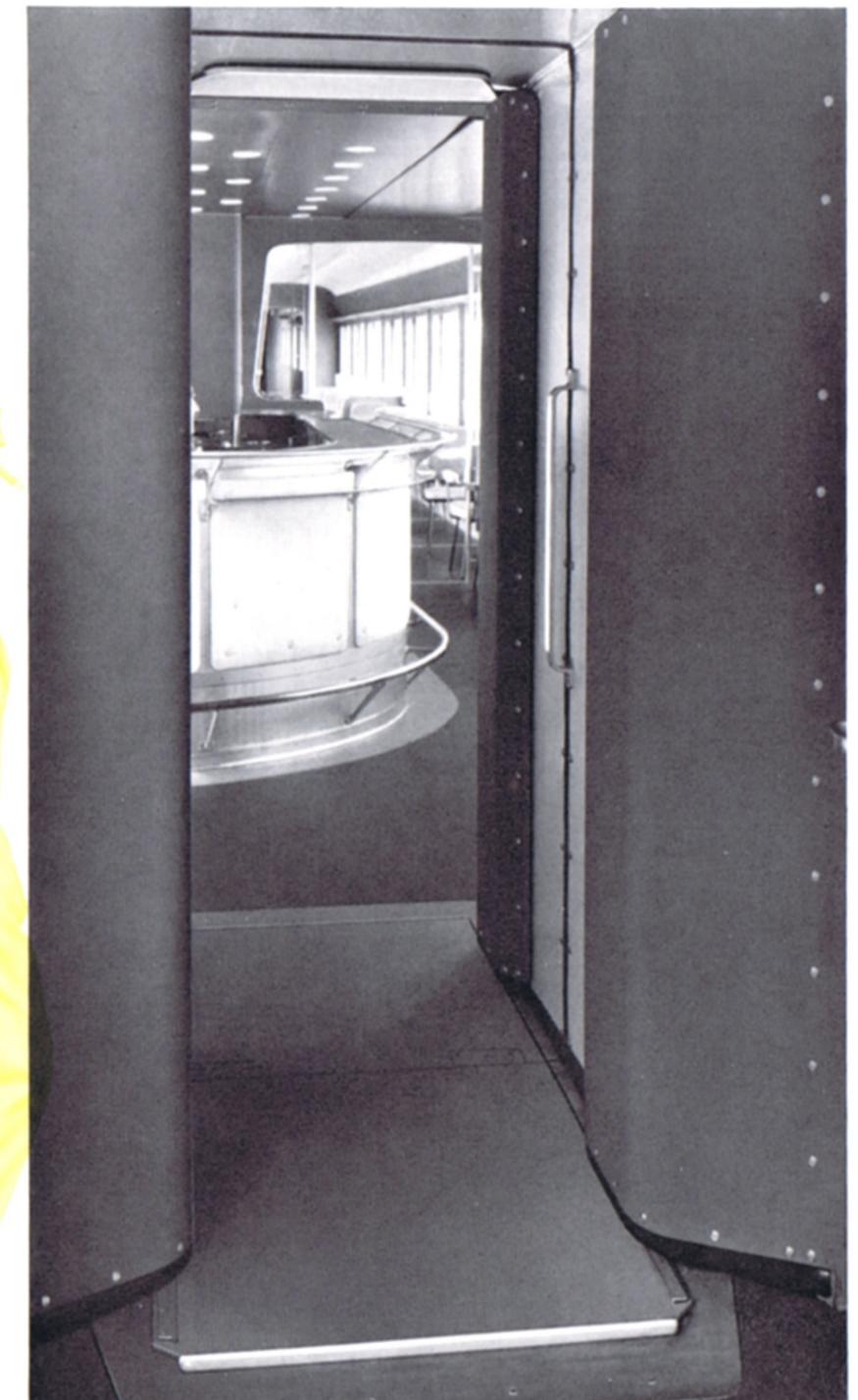


Behaglich lässt sich in den luftkonditionierten und wohnlichen Räumen reisen. Eine Fahrt im elektrischen TEE-Zug ist immer ein Erlebnis!

Zur Beleuchtung werden durchwegs Leuchtstoffröhren verwendet, wobei die Mischung der Lichtfarbe so getroffen wurde, dass ein angenehmer, dem Tageslicht ähnlicher Effekt entsteht. In den Fahrgastabteilen liegen die Lichtquellen hinter einem breiten, durchsichtigen Streifen aus gewelltem Kunststoff, der in der Mitte der Wagendecke über die ganze Länge des Raumes eingelegt ist. Damit sind die Wagen gleichmässig und gut ausgeleuchtet; für den Speisewagen wurde eine angenehm wirkende indirekte Beleuchtung gewählt.

Strenge Sachlichkeit kennzeichnet das Aeussere des TEE-Zuges; die Stirnwände wurden nach aerodynamischen Prinzipien gestaltet. Gute Laufeigenschaften, auch bei hoher Geschwindigkeit, vollständige Klimatisierung, bequeme Bestuhlung, vorzügliche Geräuschdämmung, wohltuend wirkende Beleuchtung, angenehme Farbgebung und reichliches Platzangebot: das sind die Elemente für den gehobenen Komfort der elektrischen Trans Europ Express-Züge!

Blick durch Wagenübergang in den Speisewagen. — Wie durch einen Hotelkorridor begibt sich der Reisende von einem Wagen zum nächsten, ohne die Wagenenden und Uebergangseinrichtungen als solche wahrzunehmen. Weder Stirnwandtüren, Zugluft noch Lärm beeinträchtigen hier die Passage.



Der soignierte Make-up-room wird von der reisenden Dame besonders geschätzt.

Als Hauptattraktion des elektrischen TEE-Zuges dürfen zweifellos die aparte Bar und das grosszügig konzipierte Restaurant gelten.



◀ Die Freude an seiner Musterküche ist dem «Chef» förmlich anzusehen und inspiriert ihn zu kulinarischen Höchstleistungen . . .

. . . die im eleganten Restaurant ▶ grossen Anklang bei Fahrgästen aus aller Herren Ländern finden.



Elektrische Traktionsausrüstung



Entsprechend der Entwicklung der elektrischen Zugförderung werden in Europa 4 Stromsysteme angewendet. Um den ungehinderten Durchlauf mit einer geschlossenen elektrischen Zugskomposition zu ermöglichen, mussten die Vierstrom-Trans Europ Express-Züge für folgende Stromsysteme ausgelegt werden, die alle auf den planmässig zu befahrenden Strecken vorkommen:

- Gleichstrom 1,5 kV (Französische Staatsbahnen, Strecke Dôle-Paris).
- Gleichstrom 3 kV (Italienische Staatsbahnen, Strecke Chiasso-Milano-Domodossola).
- Wechselstrom $16\frac{2}{3}$ Hz, 15 kV (Schweizerische Bundesbahnen, Strecke Zürich-Chiasso, Domodossola-Vallorbe).
- Wechselstrom 50 Hz, 25 kV (Französische Staatsbahnen, Strecke Vallorbe-Dôle).

Ausserplanmässig, zum gelegentlichen Einsatz anstelle von diesel-elektrischen TEE-Zügen, verkehren sie auf den Strecken Zürich-Basel-Bruxelles-Amsterdam, welche ebenfalls die vier erwähnten Stromsysteme aufweisen.

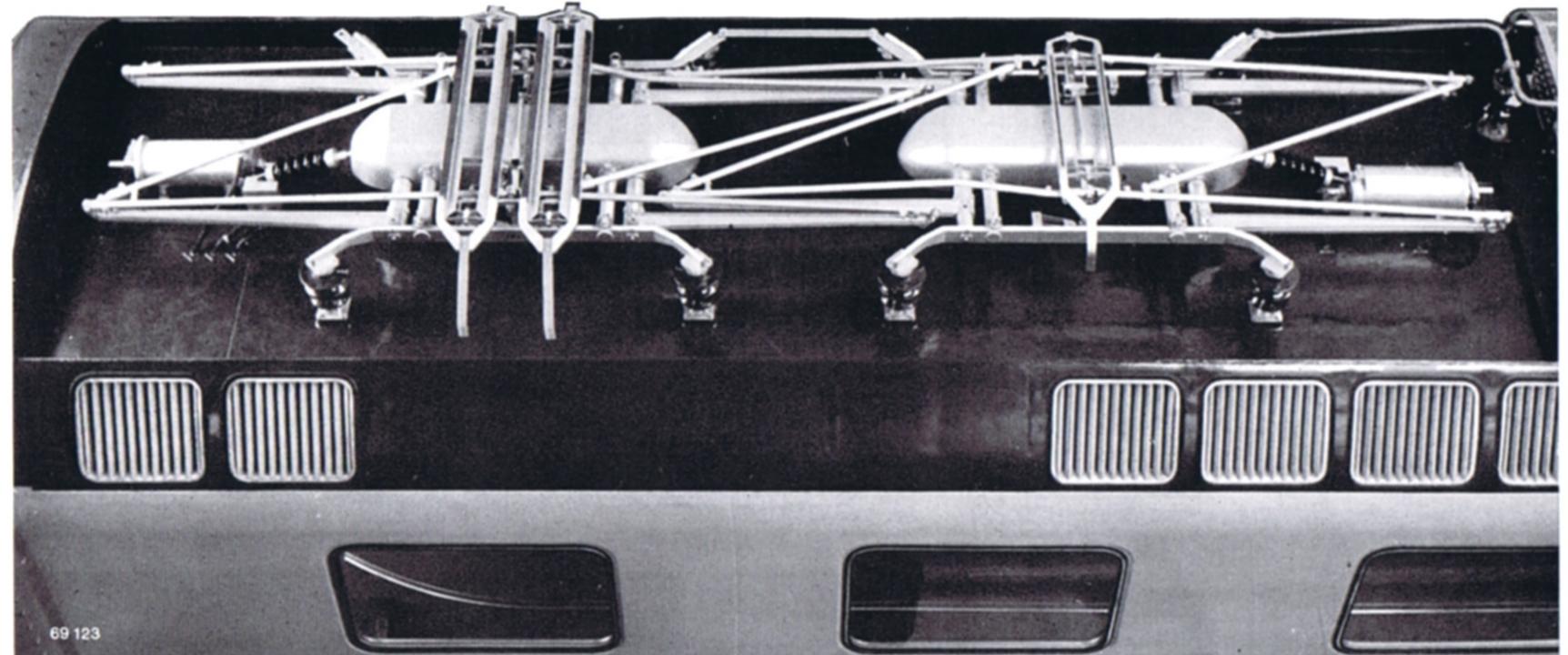
Darüber hinaus waren die Strecken- und Geschwindigkeitsverhältnisse sowie die Profil- und Schleifstücknormen von 8 verschiedenen Bahnverwaltungen zu berücksichtigen. Diese Faktoren haben die elektrische Ausrüstung massgeblich beeinflusst; die Leistung musste so ausgelegt werden, dass ein weiterer Zwischenwagen in den Zug eingefügt werden kann. Dabei werden auf den $26\frac{0}{00}$ -Steilrampen des Gotthard 85 km/h und auf Steigungen von $20\frac{0}{00}$ 120 km/h Geschwindigkeit erreicht. Die Höchstgeschwindigkeit auf flachen Strecken beträgt 160 km/h. Auf den Gefällen bis $33\frac{0}{00}$ wird das ganze Zuggewicht mit der elektrischen Widerstandsbremse gehalten, die überdies auch als Verzögerungsbremse zwischen 160 und 20 km/h dient.

Um diese Anforderungen zu erfüllen, werden 4 Fahrmotoren benötigt, die beim Gleichstrombetrieb direkt über Anfahrwiderstände und im Wechselstrombetrieb über einen Stufentransformator und Silizium-Gleichrichter gespeist werden. Die Maschinenfabrik Oerlikon hat hier erstmals eine neue Motorbauart entwickelt und realisiert: den «Wellenspannungsmotor», wobei auf die sonst bei Gleichrichterfahrzeugen üblichen Glättungs-drosselspulen verzichtet werden kann, die im vorliegenden Fall wegen des $16\frac{2}{3}$ Hz-Betriebs immerhin ein Gewicht von mehreren Tonnen erhalten hätten. Aus Platz- und Gewichtersparnisgründen wurden die für Traktionszwecke bisher kaum verwendeten Silizium-Gleichrichter eingesetzt.

Für die Hilfsbetriebe und die Klimaanlage ist ein Drehstrom-Bordnetz vorhanden, dessen Anschluss an die 4 Stromsysteme schwierige Probleme stellte. Auf dem Dach des Maschinenwagens befinden sich 4 Stromabnehmer, deren Wippen und Schleifstücke dem bezüglichen Stromsystem und der Fahrleitungsbauart angepasst sind. Im Betrieb ist nur der dem betreffenden Stromsystem bzw. der betreffenden Bahnverwaltung zugeordnete Stromabnehmer angehoben.

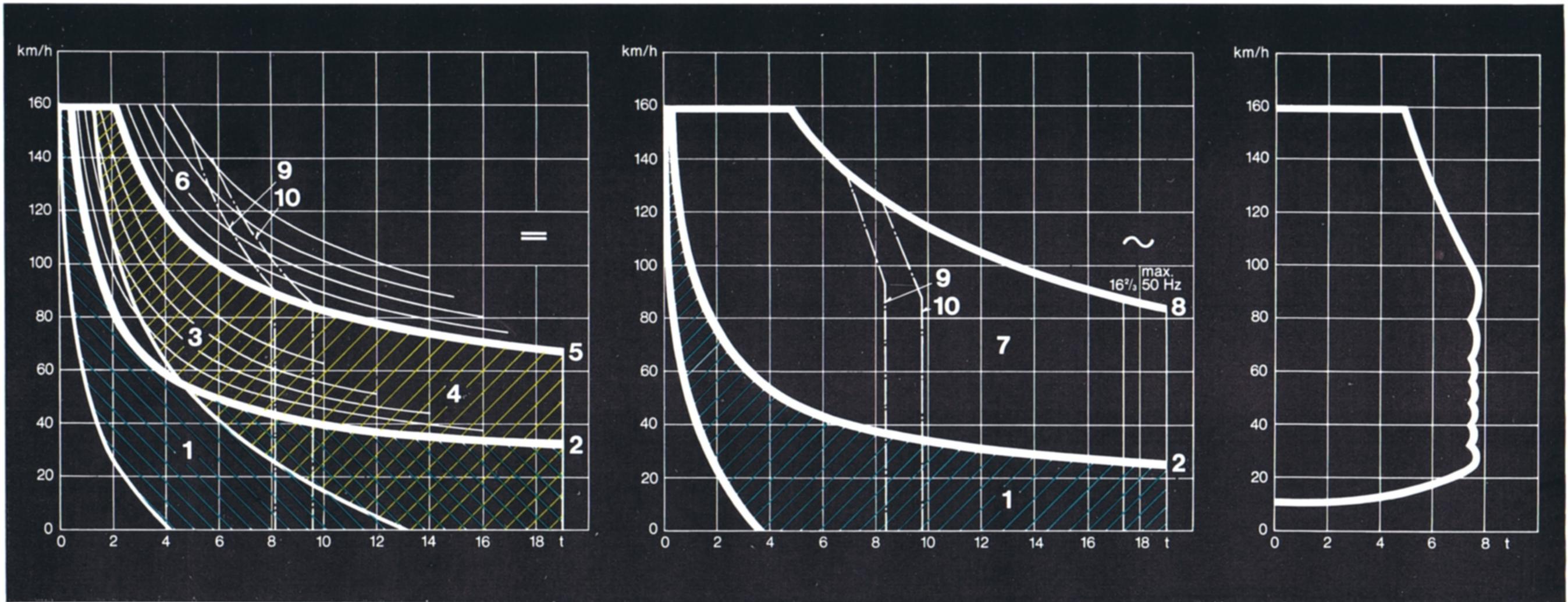
Die Leistungsdaten sind		dauernd		einstündig		maximal	
		$16\frac{2}{3}$ Hz	Gleichstrom und 50 Hz	$16\frac{2}{3}$ Hz	Gleichstrom und 50 Hz	$16\frac{2}{3}$ Hz	Gleichstrom und 50 Hz
Leistung an der Welle	kW	2148	2048	2376	2272		
Leistung bei Fahr-Geschwindigkeit	km/h	93	90	88	85	160	160
Zugkraft am Rad	kg	8320	8140	9700	9560	17 600	19 200
Bremskraft am Rad (elektrisch)	kg			7500			

Die gesamte elektrische Ausrüstung wird automatisch gesteuert. Im Führerstand ist jedem Stromsystem eine Taste zugeteilt, über welche mit Hilfe eines Systemumschalters die Stromkreise für Fahrmotoren, Hilfsbetriebe und Steuerung dem jeweiligen Stromsystem angepasst werden. Ein automatisch wirkender Systemfühler steuert den Systemumschalter und verhindert bei Fehlschaltungen nachteilige Auswirkungen. Es ist durchaus möglich, während der Fahrt von einem Stromsystem auf ein anderes umzuschalten, was z. B. in Chiasso und Dôle zutrifft. Der Lokomotivführer senkt beim Uebergang von einem Stromsystem auf ein anderes den Stromabnehmer, drückt die dem neu zu befahrenden Stromsystem zugeordnete Systemwahltaste und veranlasst das Heben des entsprechenden Stromabnehmers. Die richtige Wahl des Stromabnehmers, alle Umschaltungen sowie die Schaltungsprüfungen besorgt die Apparatur selbsttätig.



Anordnung der Stromabnehmer auf dem Dach des Maschinenwagens. Zur Platzersparnis sind die Stromabnehmer paarweise ineinandergeschachtelt.
Links: Der Stromabnehmer für SNCF 1500 V Gleichstrom.
Rechts: Der Stromabnehmer für SNCF 25 kV 50 Hz und FS 3000 V.

Fahrkurven



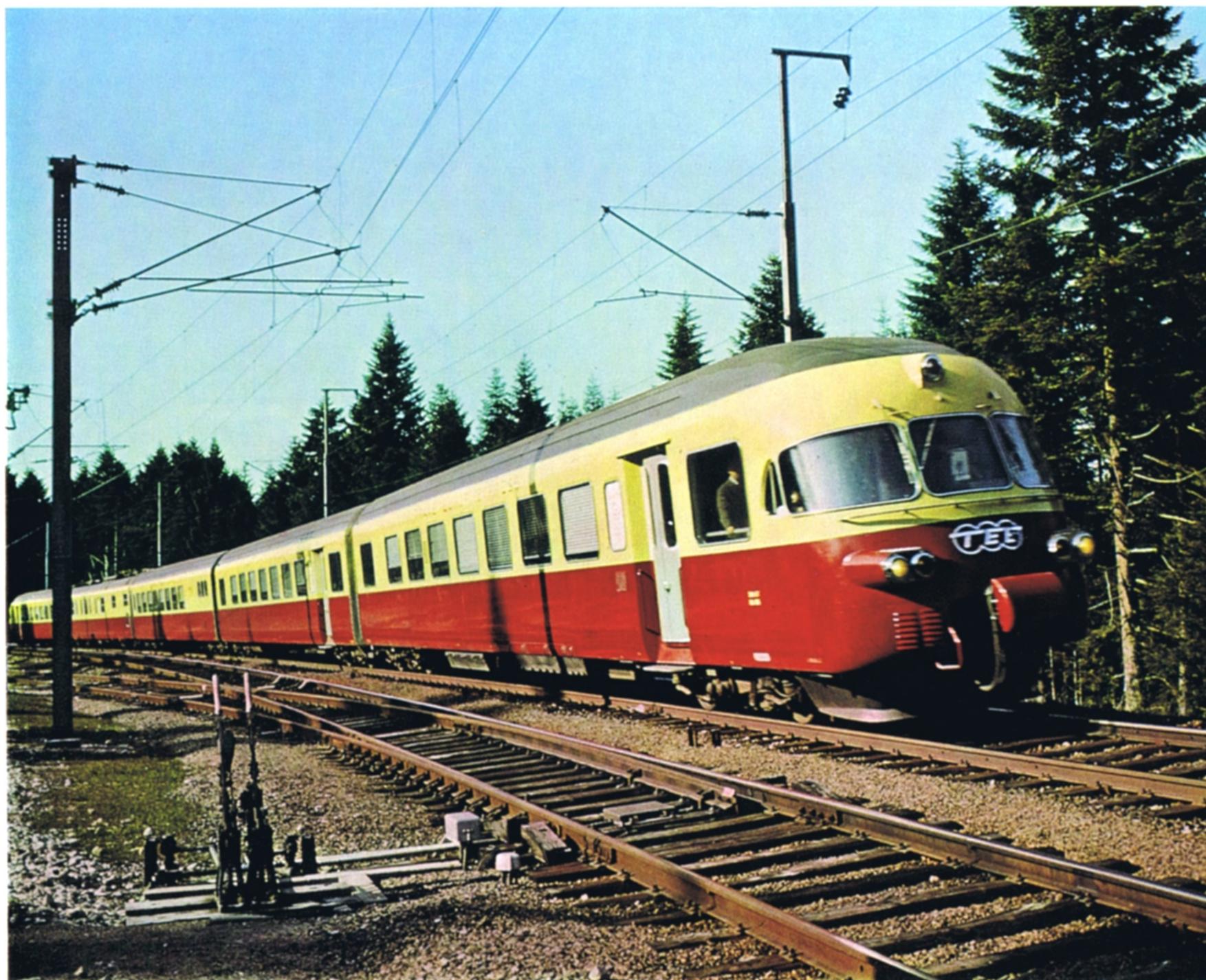
Zugkraft-Geschwindigkeitskurven für Gleichstrombetrieb

Zugkraft-Geschwindigkeitskurven für Wechselstrombetrieb

Bremskurven der letzten Stufe

1 blau: Widerstandsstufen der Gleichstrom-Seriegruppierung sowie für Wechselstrombetrieb
 2 Erste wirtschaftliche Fahrstufe
 3 Serie-Shuntstufen
 4 gelb: Widerstandsstufen der Gleichstrom-Parallelgruppierung
 5 Vollfeldstufe der Parallelgruppierung

6 Parallelshuntstufen
 7 Transformatorenstufen
 8 Letzte Wechselstromstufe mit Spannungsbegrenzung
 9 Dauerbetrieb
 10 Einstundenbetrieb

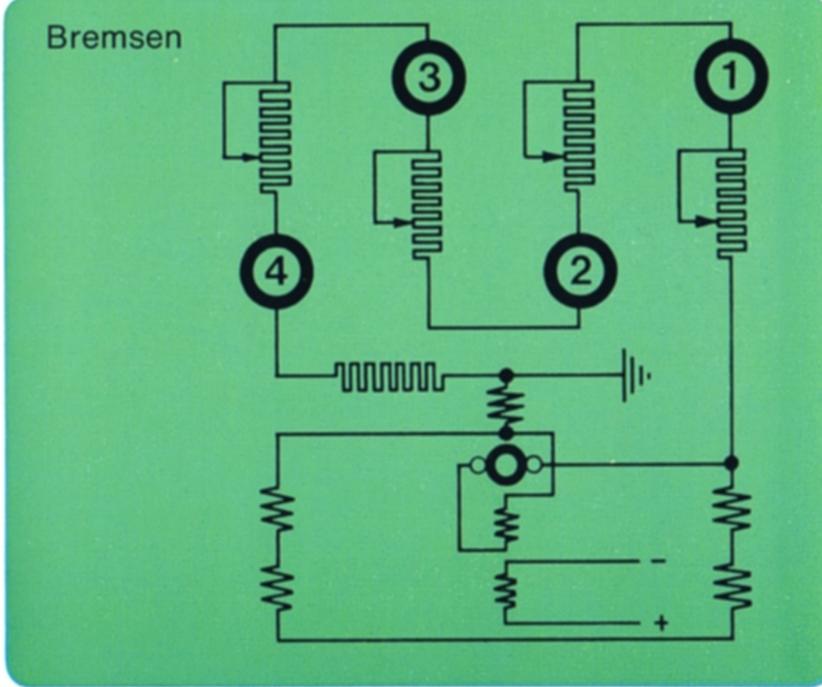
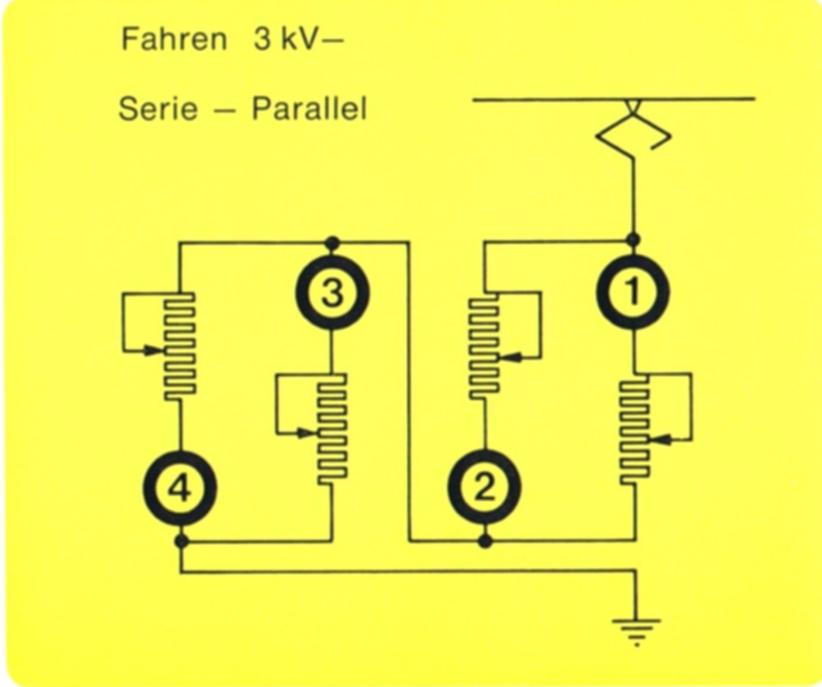
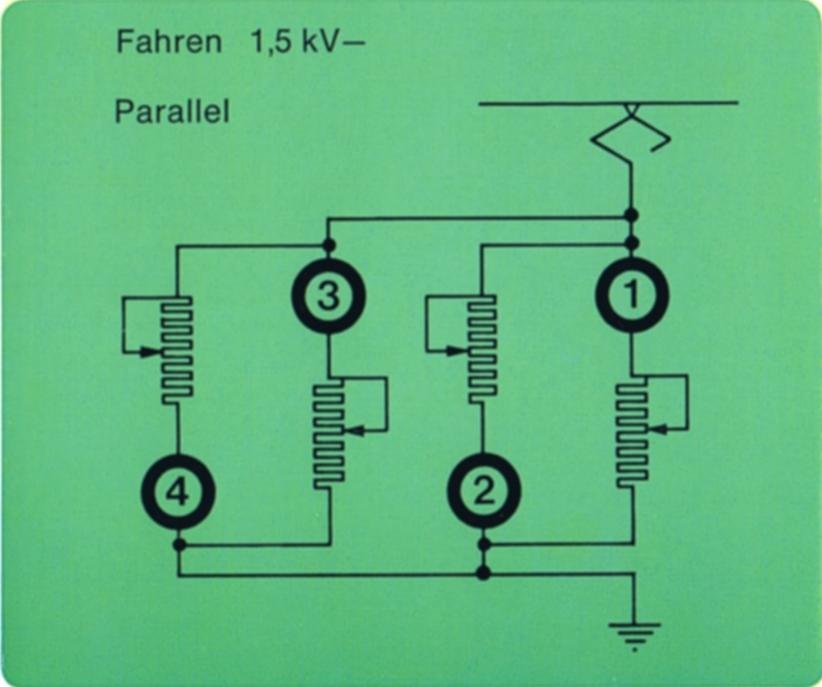
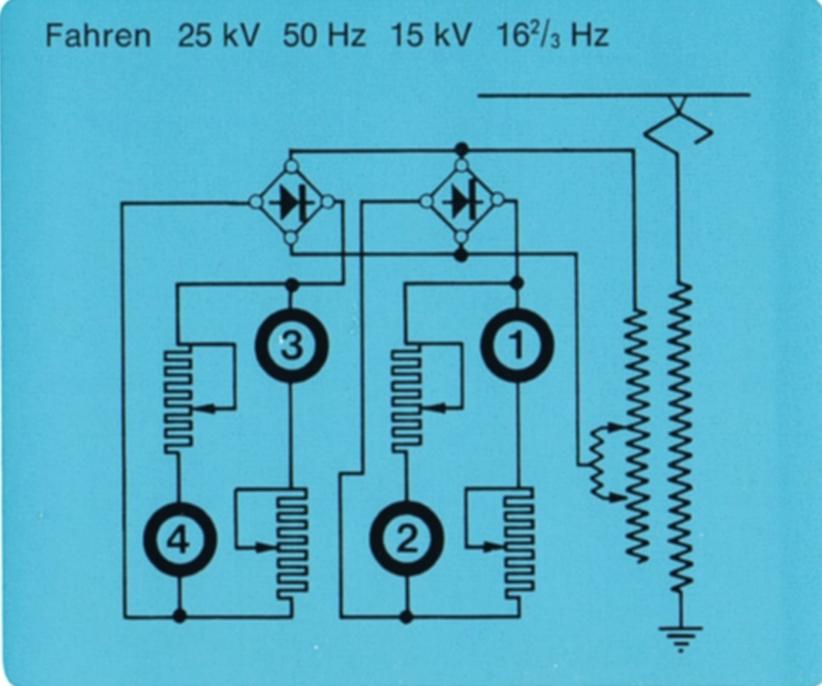
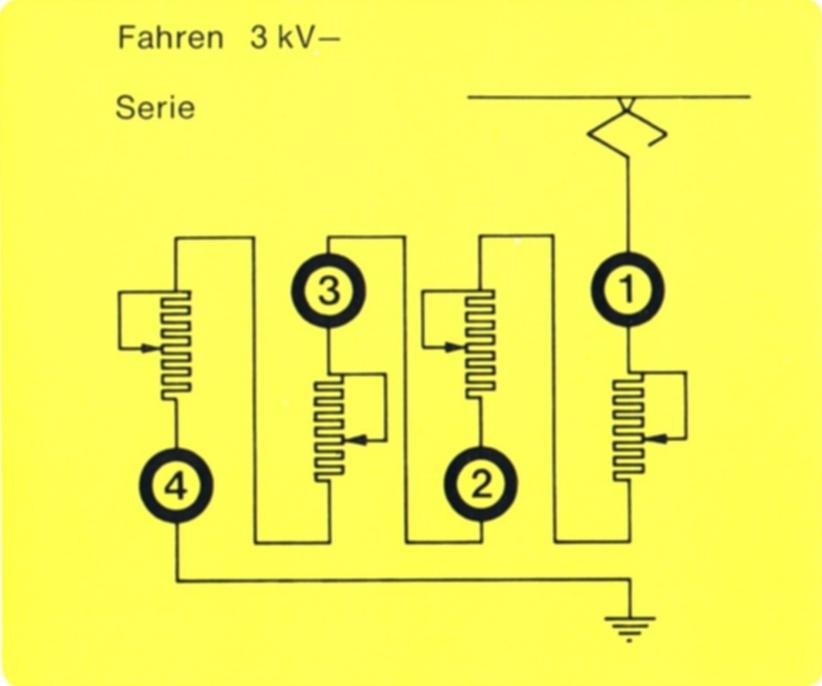
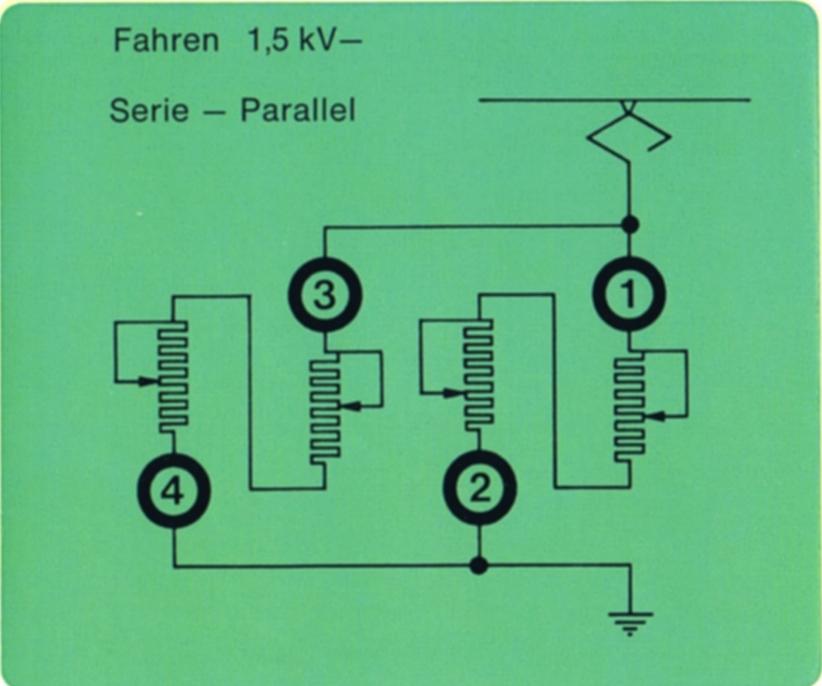


Bei der angewendeten **Prinzipschaltung** sind die Fahrmotoren in der bei Gleichstrom üblichen Weise über Anfahrwiderstände geschaltet. Im Wechselstrombetrieb liegen alle vier Motoren dauernd parallel, im Gleichstrombetrieb je nach Fahrdrathspannung in Serie oder Serie-Parallel. Für jede Gruppierung sind 12 Widerstandsstufen, eine Stufe für volles Feld und 4 Shunt-Stufen, also insgesamt 34 Stufen, davon 10 wirtschaftliche, vorhanden.

Der Uebergang von einer Gruppierung zur anderen vollzieht sich automatisch dann, wenn der Querstrom der Schaltungsbrücke einen Minimalwert erreicht hat. Dies ermöglicht das Ueberschalten ohne Zugkraftsprung im ganzen Geschwindigkeitsbereich. Beim Wechselstrombetrieb sind 12 Widerstandsstufen und 15 Transformatorstufen vorhanden. Das Ueberschalten von einer Transformatorstufe zur anderen erfolgt über eine Ueberschaltdrosselspule und zwei Ueberschaltwiderstände. Damit werden die für Silizium-Gleichrichter gefährlichen Schaltspannungen sowie wahrnehmbare Zugkraftsprünge auch bei Wechselstrombetrieb vermieden. Als Schaltelemente dienen elektropneumatische Hüpfen. Beim elektrischen Bremsen arbeiten die Fahrmotorrotoren in Serie auf 4 Anfahrwiderstände und einen konstanten Zusatzwiderstand.

Der «CISALPIN» auf der französischen Strecke Dôle–Vallorbe, Fahrdrathspannung 25 kV, 50 Hz

Prinzipschaltungen für Fahren und Bremsen bei den verschiedenen Stromsystemen

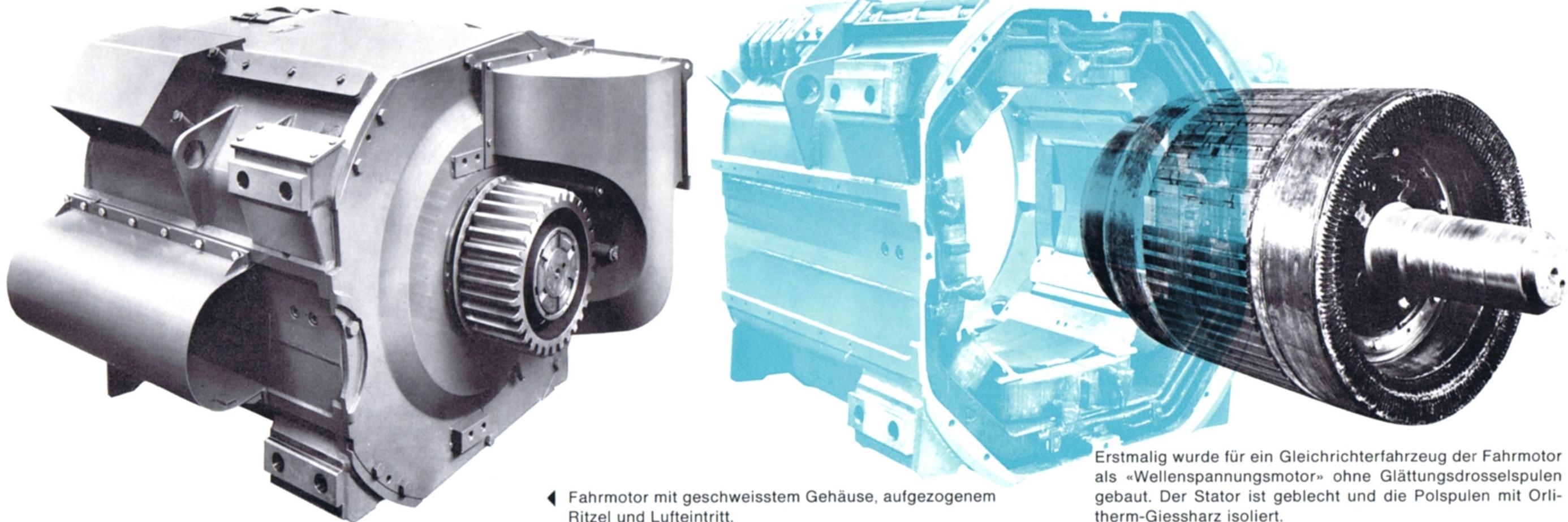


Die **Fahrmotoren** sind für 1,5 kV Nennspannung gebaut und für 3 kV gegen Erde isoliert. Das Statorgehäuse ist als Schweisskonstruktion mit geblechtem Aktivteil ausgebildet, in welchem die Statorwicklung liegt. Die Spulenpakete sind in Orlitherm-Epoxy-Giessharz eingegossen. Den Feld- und Wendepolwicklungen ist bei allen Stromarten ein gemeinsamer ohmscher Shunt parallel geschaltet. Damit wird die Kommutation der Motoren bei allen Betriebszuständen optimal und unempfindlich gegen Spannungsunterbrüche.

Das Motordrehmoment wird über BBC-Federantriebe auf die Triebachsen übertragen. Die Motoren sind fremdventiliert; die dazu gehörenden Ventilatoren sind unter dem Wagen aufgehängt. Durch die hohlen Drehgestellrahmen wird die Kühlluft zu den Fahrmotoren geleitet.

Ein Bremserregergenerator, der von der Hauptumformergruppe angetrieben wird, gewährleistet die optimale Ausnutzung der Bremswiderstände, indem eine passend gewählte Kombination von Fremd-, Com-

pound- und Gegencompound-Erregung im Bereich der höheren Geschwindigkeiten, d. h. höherer Leistung auf jeder Stufe, eine gleichbleibende Belastung der Bremswiderstände ergibt. Bei niedriger Geschwindigkeit werden die Fahrmotoren übererregt und der Widerstand sukzessiv kurzgeschlossen. Zum Schutz der Fahrmotorstrom- und Primärstromkreise dient im Gleichstrombetrieb ein Gleichstromschnellschalter, der im ausgeschalteten Zustand geerdet ist, und im Wechselstrombetrieb ein Druckluftschalter.

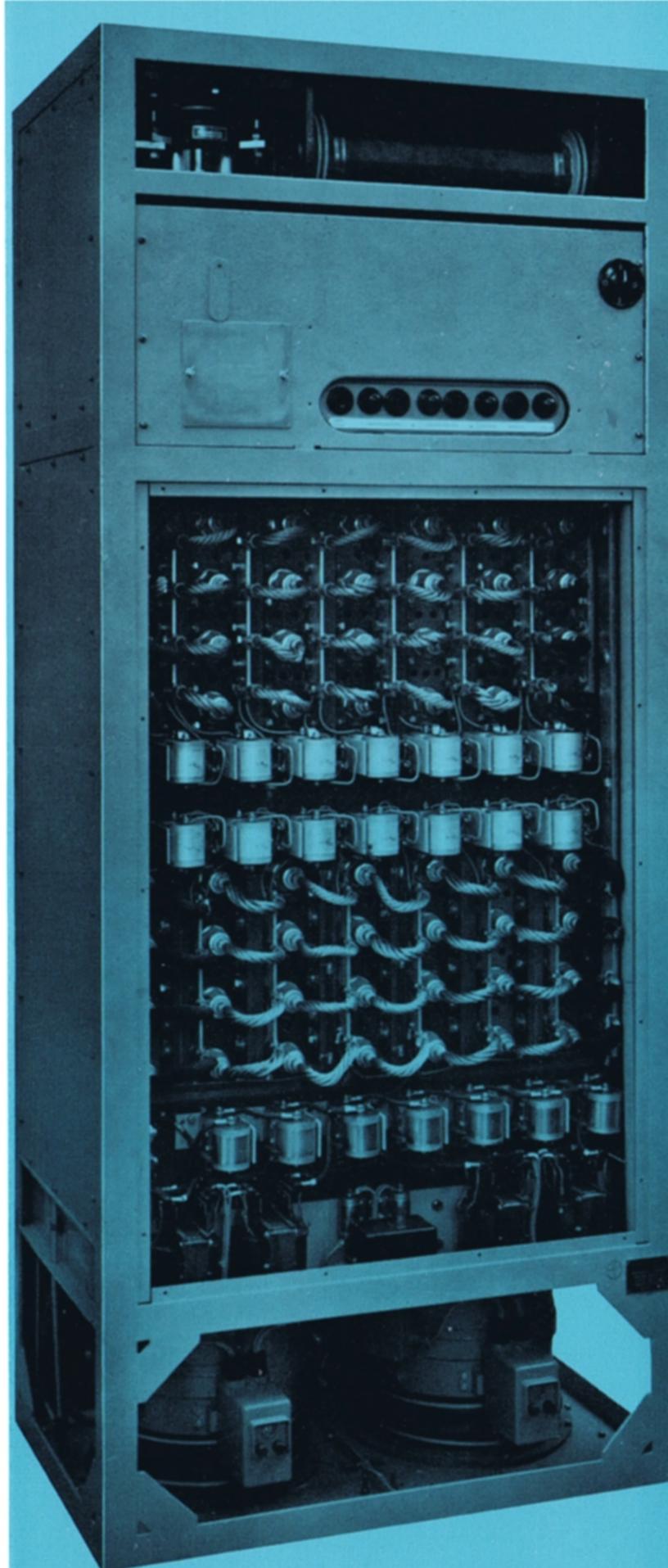


◀ Fahrmotor mit geschweisstem Gehäuse, aufgezogenem Ritzel und Lufteintritt.

Erstmals wurde für ein Gleichrichterfahrzeug der Fahrmotor als «Wellenspannungsmotor» ohne Glättungsdröselspulen gebaut. Der Stator ist geblecht und die Polspulen mit Orlitherm-Giessharz isoliert.

Der **Transformator** ist für eine Dauerleistung von 3375 kVA bei $16\frac{2}{3}$ Hz und 2592 kVA bei 50 Hz gebaut. Er enthält je eine Anzapfung von 325 kVA für die Hilfsbetriebe und 176 kW für die Heizung. Die Primärwicklung ist bei beiden Stromfrequenzen voll angeschaltet. Bei 50 Hz-Betrieb legt der Systemumschalter die Hilfsbetriebe und die Heizung auf die entsprechende Anzapfung um. Die Eisenkerne des Transformators sind zylindrisch und die Wicklungen als liegende, zweilagige Scheibenwicklung ausgebildet. Auch bei hoher Induktion entstehen dank besonderer Qualität der Dynamobleche nur geringe Leerlaufstromverluste. Die Verlustwärme des Transformators wird durch einen fremdventilierten Oelkühler mit Umlaufpumpe abgeleitet.

Als neues Element der elektrischen Ausrüstung wurden **Silizium-Gleichrichter** eingeführt. Dank dem hohen Wirkungsgrad von 99,6 % pro Diode genügt eine Ventilationsleistung von nur 200 W pro 1000 kW Durchgangsleistung. Zwei Traktionsgleichrichter speisen je 2 Fahrmotoren. Die Dioden sind in Grätzschaltung mit 7 Elementen in Serie und 4 parallel pro Brücke geschaltet. Die höchste Betriebsspannung beträgt 2380 V, der Dauerstrom ist 1500 A. Die Gleichrichter sind gegen Ueberlast und innere Defekte durch eine elektrische Ueberwachungseinrichtung geschützt, die ein sehr rasches Kurzschliessen der Sekundärwicklung des Transformators bewirkt. Ein weiterer Gleichrichter für 290 A Dauerstrom speist den Hilfsbetriebe-Umformer.



Silizium-Gleichrichterschrank für 2 Fahrmotoren.

Die **Anfahr- und Bremswiderstände** sind als Bandwiderstände gebaut und für jeden Fahrmotor einzeln in einem nach oben und unten offenen Schacht im Maschinenraum untergebracht. Der Ventilator ist erdseitig parallel zu einem Teil des Widerstands geschaltet. Die Widerstände dürfen dauernd mit dem höchsten Schaltstrom belastet werden.

Die **Hauptumformergruppe** speist das Bordnetz. Sie besteht aus einem 200 kVA-Wellenspannungs-Doppelmotor, einem Drehstrom-Synchrongenerator 380/220 V, 50 Hz sowie zwei Erregermaschinen. Der Rotor des Motors besitzt 2 getrennte Wicklungen mit je einem Kollektor, welche für je 1,5 kV Nennspannung gebaut sind. Bei Wechselstrombetrieb und 1,5 kV-Gleichstrombetrieb sind die Rotorwicklungen parallel geschaltet; bei 3 kV-Gleichstrombetrieb liegen die beiden Rotorwicklungen in Serie. Eine Erregermaschine liefert den Erregerstrom für den Antriebsmotor, die andere für die elektrische Bremse.

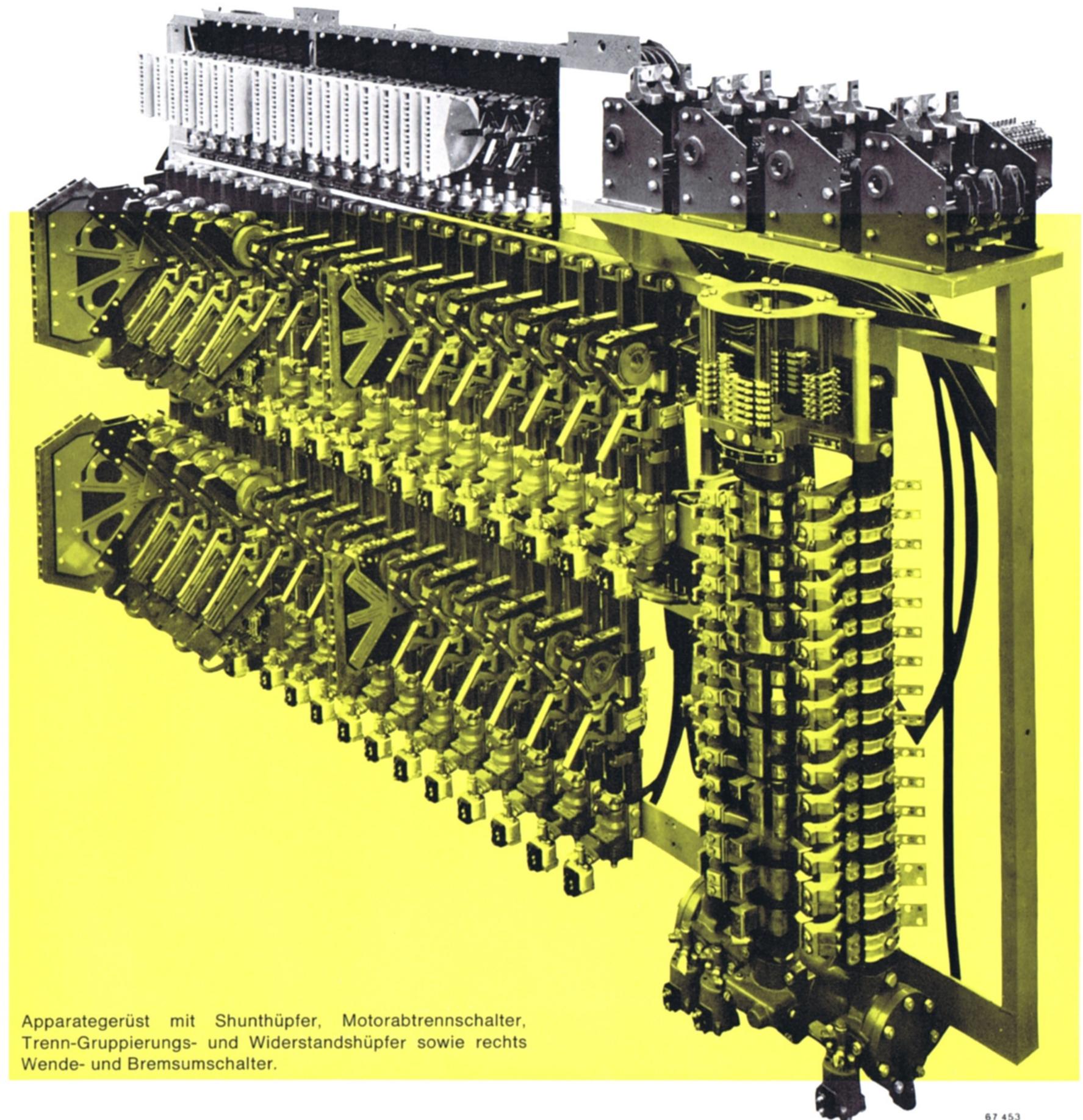
Die **Hilfsbetriebe**, wie die Stromverbraucher in Küche, Office sowie Beleuchtungsumformer, Klimaanlage, Batterieladegerät, Ventilatormotoren und Kompressormotoren sind an das Bordnetz angeschlossen. Die Druckluft wird von 2 dreizylindrigen, zweistufigen Kolbenkompressoren erzeugt, die je 1000 l pro Minute fördern. Die Kompressoraggregate, wovon eines am Drehstrom-Bordnetz, das andere an der Batterie angeschlossen ist, sind unter dem Maschinenwagen angeordnet.

Die **Schaltapparatur** ist in Anbetracht der komplizierten Schaltaufgaben vielgestaltig. Sie besteht aus der automatischen Systemwähleinrichtung, der Stufensteuerung sowie den notwendigen Sicherungs- und Schutzeinrichtungen. Der Systemwähler wird von spannungs- und frequenzabhängigen Relais beeinflusst, die an Spannungswandler und Spannungsteiler angeschlossen sind. Die korrekte Schaltfolge der Einzelhüpfen wird von einem elektropneumatisch betätigten Servo-Kontroller aus gesteuert, der die Schaltbefehle vom Steuerkontroller empfängt und durch Beschleunigungsrelais beeinflusst wird. Bei Gleichstrombetrieb besorgt der Servo-Kontroller auch die Umgruppierung der Fahrmotoren und die Feldschwächung.

Im Wechselstrombetrieb ist die höchstzulässige Motorspannung automatisch auf 1,9 kV, im Gleichstrombetrieb mit 2,0 kV reichlich begrenzt. Die Hauptstromkreise sind durch Ueberstrom-Erdschluss- und Differentialstromrelais geschützt.

Mit Rücksicht auf die hohe Fahrgeschwindigkeit und den internationalen Durchlauf sind die elektrischen TEE-Züge mit besonders umfangreichen **Sicherheits-einrichtungen** ausgerüstet :

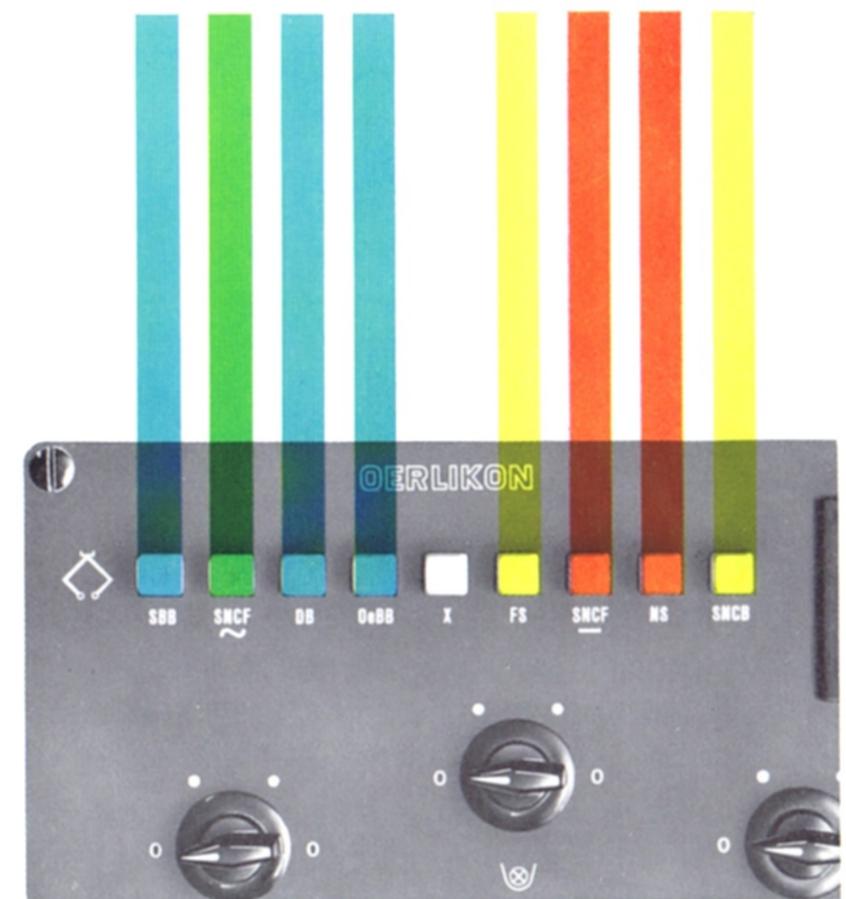
- Oerlikon-Sicherheitssteuerung mit Wachsamkeitskontrolle für die einmännige Führung.
- Automatische Zugsicherung SBB gegen das Ueberfahren geschlossener Hauptsignale.



Apparategerüst mit Shunthüpfen, Motorabtrennschalter, Trenn-Gruppierungs- und Widerstandshüpfen sowie rechts Wende- und Bremsumschalter.



Führerstand



Der einfache und bequem eingerichtete Führerstand.
 Von links nach rechts:
 Führer-Bremsventil
 Steuerschalter
 Steuerkontroller
 Tastatur für die Stromabnehmer

- Signalmeldungseinrichtung SNCF und SNCB für die französischen und belgischen Strecken. Bei geschlossenem Signal wird ebenfalls eine Schnellbremsung eingeleitet.
- Automatische Auslösung der Hauptschalter bei Stromsystemwechsel.
- Vollautomatischer Schleuderschutz, der die Geschwindigkeit jeder Triebachse vergleicht, bei Schleudern sukzessive das Umschalten des Servo-Kontrollers verhindert oder rückgängig macht, die Schleuderbremse betätigt und im Gefahrfall den Hauptschalter auslöst.

Die elektrischen Vierstrom-Trans Europ Express-Züge wurden von den folgenden Firmen entworfen und gebaut:

Schweizerische Industrie-Gesellschaft Neuhausen am Rheinfall:

Mechanischer Teil, wobei die Luftkonditionierungsanlage von der AG Brown, Boveri & Cie in Baden geliefert wurde.

Maschinenfabrik Oerlikon: Elektrische Ausrüstung mit Lieferung der Siliziumgleichrichter durch Siemens-Schuckertwerke, Apparatewerk München.

Die Firmen arbeiteten eng mit der Abteilung für den Zugförderungs- und Werkstättendienst der SBB in Bern zusammen.

Der «CISALPIN» Milano–Paris fährt längs dem Genfersee am Schloss Chillon vorbei.
Die Fahrleitungsspannung ist 15 kV, 16²/₃ Hz.



Betriebserfahrungen

Die vier elektrischen TEE-Züge sind in der kurzen Zeitspanne von rund drei Jahren entworfen, konstruiert und gebaut worden. Der erste Zug wurde am 1. April 1961 im Lieferwerk abgenommen. Ausgedehnte Versuchsfahrten dienten neben dem Erproben der elektrischen Einrichtungen mit den verschiedenen Stromsystemen auch dem Messen der Laufeigenschaften, der Bestimmung der Bremswege bei Anwendung der Luft- und der elektrischen Magnetschienenbremse sowie dem Einstellen und Untersuchen der Klimaanlage. Zur Prüfung der Zulassung der Züge auf ihrem Netz hat auch die Société Nationale des Chemins de fer Français verschiedene Untersuchungen durchgeführt. Die SNCF konnte sich dabei überzeugen, dass die Züge bei Fahrgeschwindigkeit bis zu 160 km/h keine unzulässige Beanspruchung am Gleis verursachen, und dass die Stromkreise der Sicherungsanlage (Schienenstromkreise) durch die Magnete der Schienenbremse nicht beeinflusst werden. Alle Versuche ergaben sehr zufriedenstellende Resultate.

Eingehende Temperaturmessungen in den Wagen bei unterschiedlichen Witterungsverhältnissen haben die gute Wirksamkeit der Klimaanlage bestätigt und gezeigt, dass trotz grosser Schwankungen der Aussen-temperatur die Innentemperatur konstant bleibt. Dank den über die ganze Abteillänge angeordneten breitflächigen Lufteintrittsöffnungen arbeitet die Anlage praktisch zugfrei.

Aufgrund der befriedigenden Resultate im Versuchsbetrieb konnten die Züge am 1. Juli 1961 im fahrplanmässigen Dienst eingesetzt werden. Sie haben seither (März 1964) zusammen über 2 Millionen km zurückgelegt. Von den vier Zügen sind stets drei im Einsatz. In drei aufeinander folgenden Einsatz Tagen befährt jeder Zug zweimal die Strecke Mailand–Paris und viermal die Strecke Zürich–Mailand, was einer Laufdistanz von 2816 km und einer mittleren Tagesleistung von 939 km entspricht.

Die neuen TEE-Verbindungen Zürich-Mailand und Mailand-Paris haben sich gut eingeführt. Dank der grossen Reisegeschwindigkeit und dem in jeder Beziehung hohen Komfort sind die Züge sehr beliebt und über Erwarten gut besetzt.

Besonders geschätzt sind die guten Laufeigenschaften, die Ruhe in den Wagen sowie die bequeme, gediegene, in ansprechenden Farbtönen gestaltete Innenausstattung und die mit der Klimaanlage erreichten vorzüglichen Luftverhältnisse.

Im praktischen Betrieb traten erwartungsgemäss noch einige Mängel an den mechanischen Teilen auf, die jedoch in der Zwischenzeit behoben werden konnten. Für die weitere Entwicklung interessant waren z. B. die hohen dynamischen Beanspruchungen bei den grossen Geschwindigkeiten auf die in extremer Leichtbauweise ausgeführten dreiachsigen Triebgestelle und die Verwendung bestimmter Kunststoffbeläge an den Achsbüchsführungen.

Das gute dynamische Festigkeitsverhalten dieser in Leichtbauweise konstruierten Wagen wurde durch einen an sich bedauerlichen Unfall in Frankreich illustriert: Im Oktober 1962 stiess ein TEE-Zug mit 140 km/h Geschwindigkeit auf entgleiste Wagen eines Gegenzuges, wobei der vorauslaufende Steuerwagen 1 abgelenkt wurde und in ein als massiver Steinbau erstelltes Wärterhäuschen hineinfuhr, welches zerstört wurde. Der Steuerwagen wurde vorn auf $\frac{1}{3}$ der Länge eingedrückt und musste ersetzt werden. Die übrigen Wagen konnten in kurzer Zeit instandgestellt und in Betrieb genommen werden.

Anlässlich der ersten Versuchsfahrten mussten an der umfangreichen elektrischen Traktionsausrüstung die verschiedensten Einstellungen und Kontrollen durchgeführt werden. Die automatische Steuereinrichtung für Fahren und elektrisches Bremsen funktionierte von Anfang an einwandfrei. Die einfache Bedienung wird vom Fahrpersonal aller beteiligten Bahnen geschätzt.

Die Kommutation der erstmals als Wellenspannungsmotoren ausgebildeten Fahrmotoren wurde bei den verschiedenen Stromsystemen, insbesondere auch bei Feldschwächung, eingehend untersucht, wobei man von Anfang an vorzügliche Resultate feststellte. Der Bürstenverschleiss beträgt nur 0,19 mm pro 1000 km.

Anfänglich führte die Gleichrichter-Ueberwachungsapparatur im 50 Hz-Betrieb zu Abschaltungen; nach Korrektur der Zeitglieder arbeitete sie einwandfrei.

Für die Spannungs- und Frequenzregulierung der Hilfsbetriebe-Umformergruppe wurde nach eingehenden Versuchen die allen Betriebszuständen gerecht werdende Einstellung gefunden. Die Kommutation des Doppelkommutator-Antriebsmotors der Umformergruppe ist funkenfrei.

Anlässlich der Probefahrten und während der ersten Betriebszeit sind weniger Störungen aufgetreten als angesichts der komplizierten und umfangreichen elektrischen Apparatur und der vielen Neuerungen hätte erwartet werden können.

Der TEE ist eine Neuentwicklung, die durch das elektrische Vier-Strom-System und die Gesamtkonzeption als richtungweisend für den modernen Fernverkehr betrachtet werden kann. Seit dem 1. Juli 1961 verkehren die Züge, wie erwähnt, im fahrplanmässigen Dienst zwischen Zürich-Mailand und Mailand-Paris. Sie mussten, selbst während des Ausfalls des in Frankreich beschädigten Zugs, nur in wenigen Fällen durch herkömmliches Rollmaterial ersetzt werden, und der Betrieb wickelt sich zur vollen Zufriedenheit der beteiligten Bahnverwaltungen ab. Die Züge sind beim Reisepublikum beliebt und werden immer stärker benutzt, so dass beschlossen wurde, sie mit einem zusätzlichen Zwischenwagen auszurüsten.

Graphischer Fahrplan des Einsatzes der TEE-Züge auf den Strecken Zürich—Milano—Paris.

Die farbigen Felder zeigen die vorkommenden Stromsysteme, und zwar:

blau: Einphasenstrom 16²/₃ Hz, 15 kV

gelb: Gleichstrom 3000 V

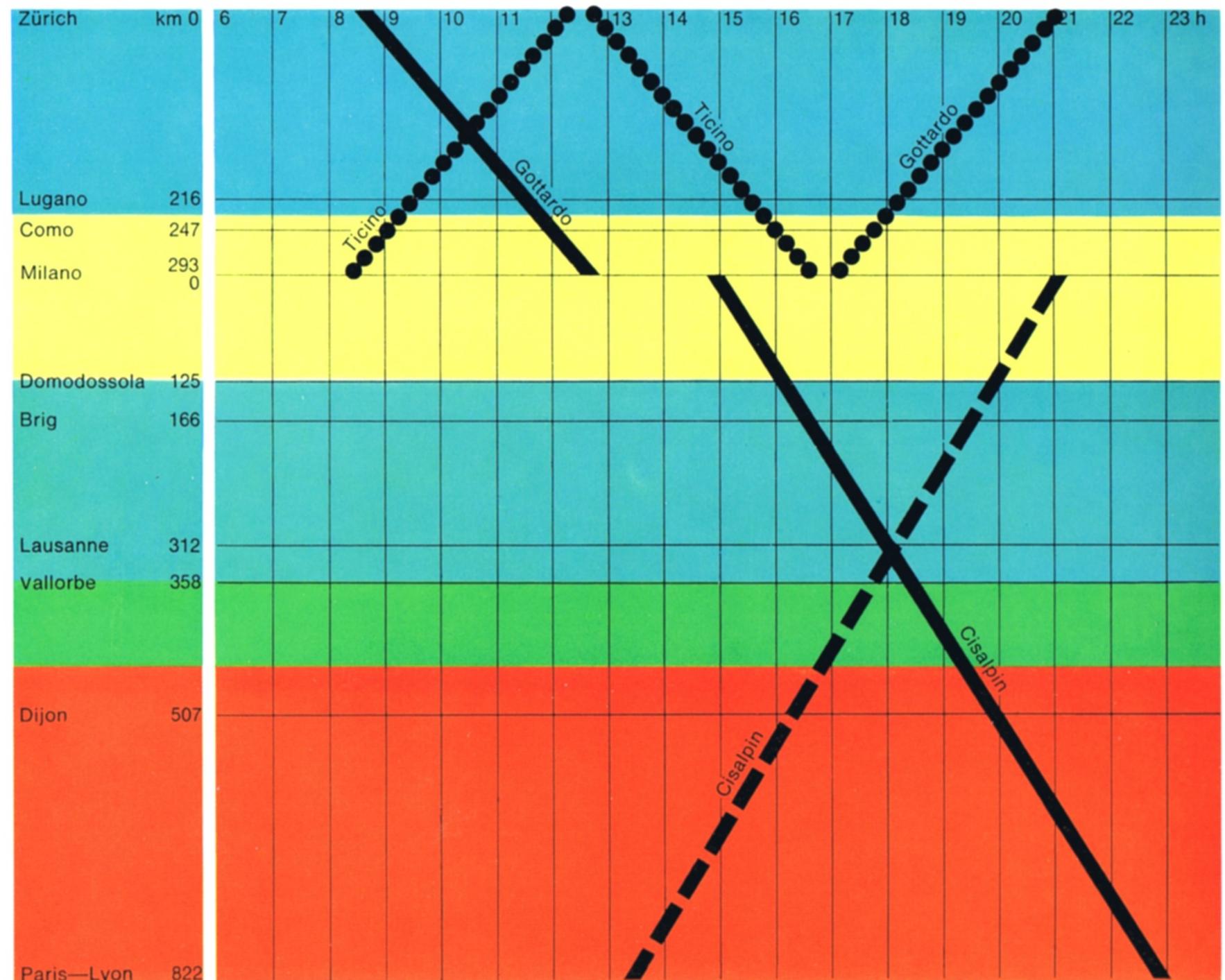
grün: Einphasenstrom 50 Hz, 25 kV

orange: Gleichstrom 1500 V

1. Tag 1115 km

2. Tag 822 km

3. Tag 879 km





Schweizerische
Bundesbahnen



Maschinenfabrik Oerlikon
Zürich



Schweizerische
Industrie-Gesellschaft
Neuhausen am Rheinfall