

**AEG-TELEFUNKEN**

Deutsche  
Bundesbahn (DB)

**Wechselstrom-Triebzüge  
der Baureihe 420/421  
mit Sektorsteuerung  
in 3C-Schaltung (3C-LUB)**

**AEG**



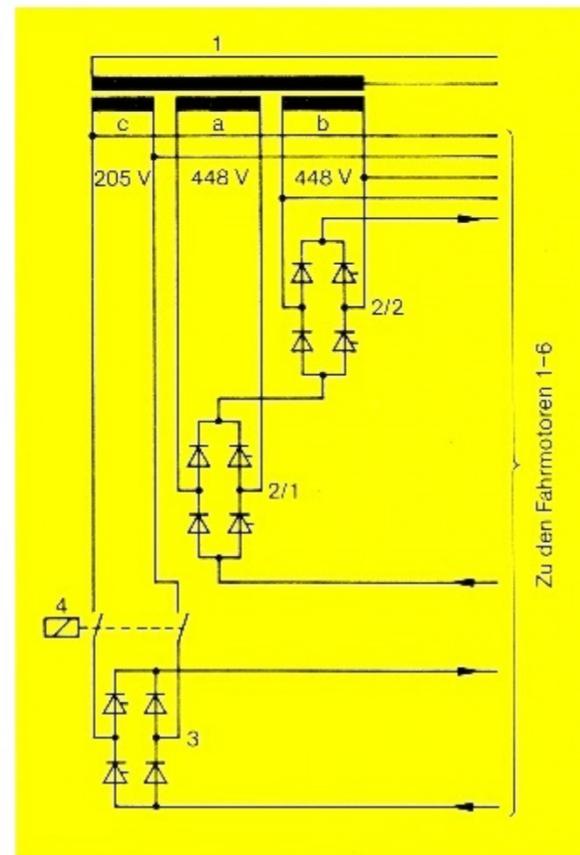
# Konzept

Erhöhte Anforderungen an Fahrleistungen und Fahrkomfort sowie die Notwendigkeit, den Unterhaltungsaufwand von elektrischen Triebfahrzeugen zu reduzieren, erzwangen den Übergang von Schaltwerkssteuerungen mit Wechselstromfahrmotoren auf anschnittgesteuerte Stromrichter mit Mischstromfahrmotoren.

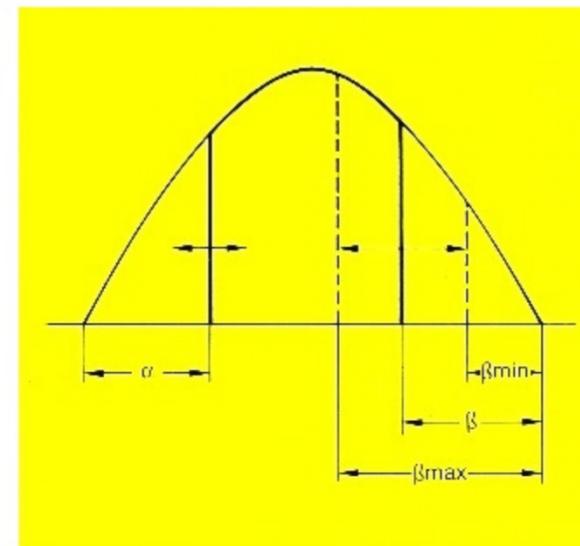
Bedingt durch Steuerverfahren und Kommutierung der Stromrichter tritt bei Anschnittsteuerungen eine Nacheilung des Stroms zur Spannung auf; das Fahrzeug entnimmt dem speisenden Netz induktive Blindleistung. Damit erhöht sich der Fahrleistungsstrom; es treten Zusatzverluste auf dem Fahrzeug sowie in den Stromverteilungs- und Stromversorgungsanlagen auf. Sie führen zu Spannungsabsenkungen und -verzerrungen und erhöhen die Traktionskosten.

In den Unterwerken und im Fahrleitungsnetz installierte stationäre Kondensatorbatterien zur Blindleistungskompensation können nur zum Teil Abhilfe schaffen.

AEG-TELEFUNKEN hat diese Probleme durch Entwicklung und Ausführung eines Steuerverfahrens gelöst, dessen Grundidee es ist, Blindleistung nicht zu kompensieren, sondern deren Entstehen bereits zu verhindern. Werden die steuerbaren Brückenzweige eines Stromrichters mit einer Selbstkommutierungseinrichtung, also löscher, ausgeführt, so ist nicht nur der Einsatzzpunkt, sondern auch das Ende des Stromflusses innerhalb einer Halbschwingung frei wählbar. Diese Aufgabe erfüllt die Löscher, unsymmetrische Brückenschaltung, kurz LUB genannt. Dadurch können die Grundschwingungen von Fahrleistungsspannung und -strom nahezu in Phase gebracht und der Blindarbeitsverbrauch des Fahrzeuges wesentlich gesenkt werden. Als unmittelbare



1

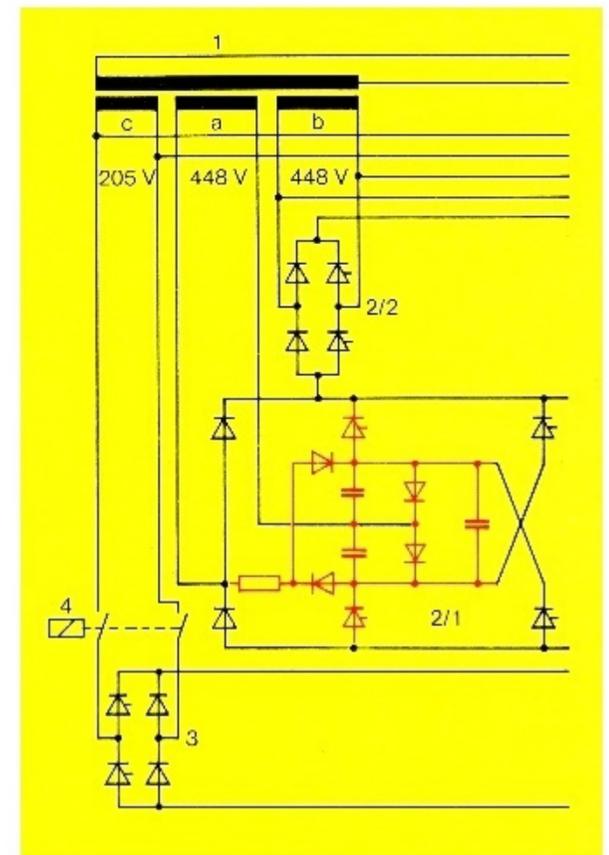


3

Folge davon werden der Fahrleistungsstrom und die direkt von der Stromhöhe abhängigen Verluste in den Bahnstromversorgungsanlagen, den Fahrleitungen und auf dem Fahrzeug nennenswert reduziert.

Werden leistungsstarke, mit LUB ausgerüstete Fahrzeuge in einem relativ begrenzten Netz eingesetzt, können die zum Betrieb dieser Fahrzeuge erforderlichen, scheinleistungsabhängigen Bahnstromversorgungsanlagen schwächer ausgelegt werden, d. h., es können Investitionskosten eingespart werden.

Es kann eindeutig nachgewiesen werden, daß sich die für das Fahrzeug bei Einsatz einer LUB zusätzlich ergebenden Kosten bereits in der ersten Phase der Nutzungsdauer durch die LUB-bedingten Einsparungen amortisieren.



2

Bild 1: Spannungsversorgung und -steuerung der Triebzüge 420 mit Anschnittsteuerung

Bild 2: Spannungsversorgung und -steuerung der Triebzüge 420 mit LUB in 3C-Schaltung

- 1 Haupttransformator
- 2 Ankerstromrichter
- 2/1 Brücke 1
- 2/2 LUB-Stromrichter
- 2/2 Brücke 2
- 3 Feldstromrichter
- 4 Fremdfeldschütz

Bild 3: Steuerverfahren

- $\alpha$  Anschnittwinkel
- $\beta$  Abschnittwinkel

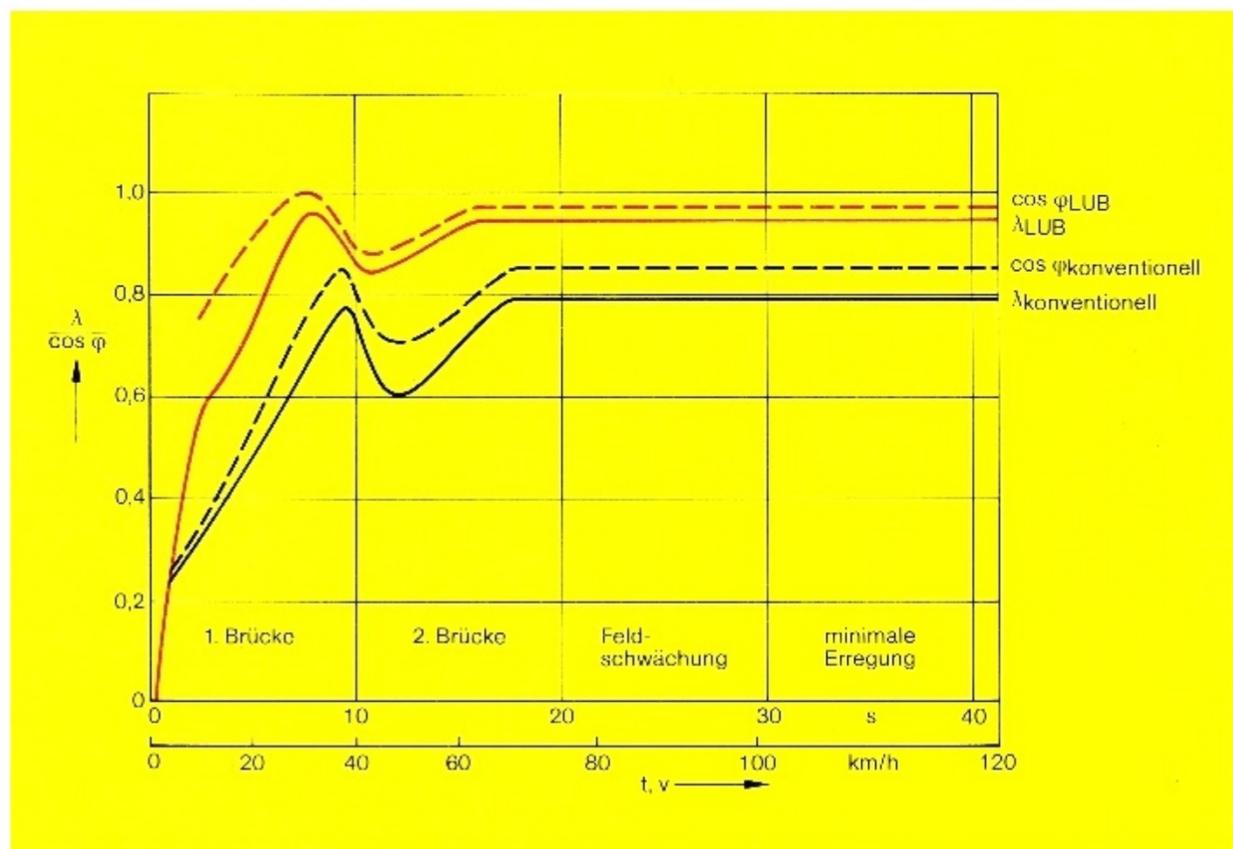
# Ausführung

Zum Nachweis von Effektivität und Betriebssicherheit der LUB rüstete AEG-TELEFUNKEN mit Zustimmung der Deutschen Bundesbahn (DB) Ende 1972 beide Anlagen des S-Bahn-Triebzuges 420 075 nachträglich mit einer LUB aus. Da der Triebzug zwei in Folgesteuerung betriebene Stromrichterbrücken hat (Bild 1), wurde im Hinblick auf die günstige Relation von Aufwand zu Wirkung nur eine der beiden Brücken löscher ausgeführt. Aufgrund der Betriebsweise, bei der fast ausschließlich mit maximaler Zugkraft angefahren wird, und bei der der Anteil der Fahrten im Teillastbereich gering ist, kam die gegenüber einer 2C-LUB aufwendigere, aber wirkungsvollere 3C-Schaltung zum Einsatz. Anfang 1974 beschloß die DB, zwei weitere Triebzüge (420 178 und 420 179) mit einer 3C-LUB auszurüsten, um für die Betriebserprobung eine breitere Basis zu haben. Mit den von Anfang an im vollen Betriebseinsatz stehenden Triebzügen wurden umfangreiche Messungen zur Optimierung des Leistungsfaktors durchgeführt. Nach Auswertung der Ergebnisse wurden die Ausrüstungen der drei Züge Mitte 1976 auf den als serienreif zu bezeichnenden endgültigen Stand gebracht. Dieser Stand ist durch folgende Punkte charakterisiert:

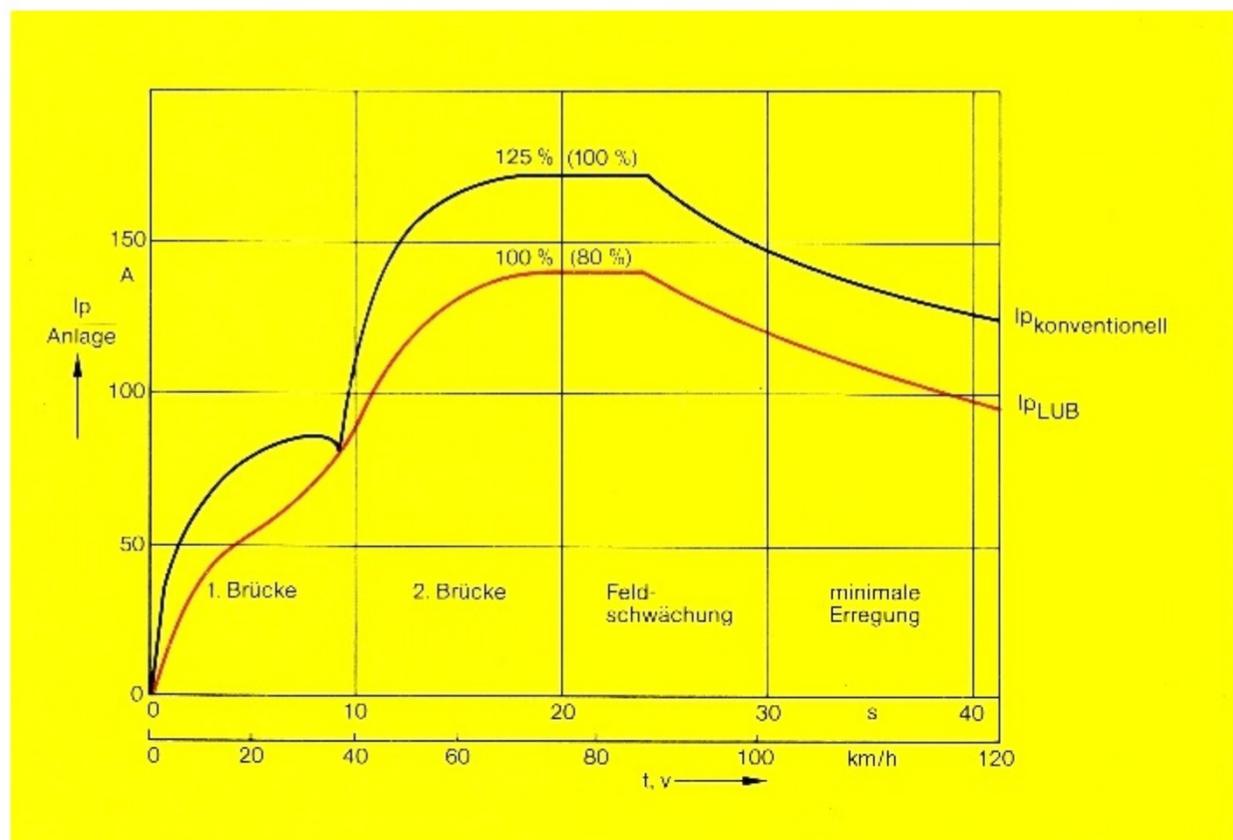
Brücke 1 des Ankerstromrichters als LUB in 3C-Schaltung (Bild 2)

Anfahren über Löschkreis (Zündwinkel  $\beta = 0$  bis  $40^\circ$  el)

Spannungsaufsteuerung durch Anschchnittsteuerung von  $\alpha = 140^\circ$  bis  $90^\circ$  el bei konstantem Löschkreis  $\beta = 40^\circ$  el; Speicherkondensator  $C_3$  wird zunächst nicht entladen (entspricht 2C-LUB-Betrieb)



4



5

Spannungsaufsteuerung durch Anschchnittsteuerung von  $\alpha = 90^\circ$  bis  $0^\circ$  el bei gleichzeitigem kontinuierlichen Verstellen des Löschkreis  $\beta$  von  $40^\circ$  bis  $70^\circ$  el; Entladen des Speicherkondensators  $C_3$  durch gleichzeitiges Zünden der Hauptthyristoren beider Brückenarme zum Zeitpunkt des Anschchnitts  
Kondensatorspannungsabhängige Verstellung des Löschkreis, dadurch inhärenter Schutz

Selbsttätige Löschimpulssperre bei unzulässig hohen Strömen

Bild 4: Leistungsfaktor ( $\lambda$ ) und Grundschwingungsfaktor ( $\cos \varphi$ ) für Anfahr mit maximaler Zugkraft

Bild 5: Primärstrom des Haupttransformators ( $I_p$ ) für Anfahr mit maximaler Zugkraft

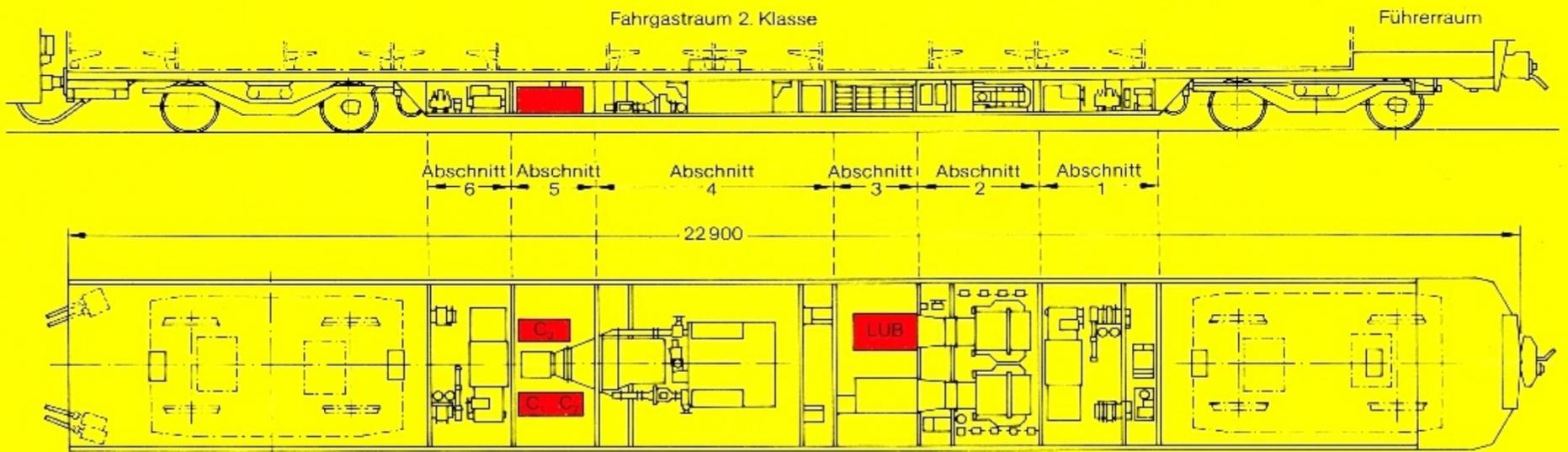


Bild 6: Geräteanordnung im Untergestell des Endwagens

Gegenüber den mit konventionellen Abschnittsteuerungen ausgerüsteten Triebzügen wurden bei den mit 3C-LUB ausgerüsteten Zügen bei Beibehaltung der Fahrleistungen folgende Verbesserungen erzielt:

Anhebung des mittleren Leistungsfaktors  $\lambda$  von 0,75 auf 0,9

Anhebung des Leistungsfaktors  $\lambda$  im Bereich maximaler Leistung von 0,79 auf 0,94<sup>1)</sup> (Bild 4)

Reduzierung des Blindarbeitsverbrauchs um ca. 50 %

Absenkung des von einer Anlage aufgenommenen maximalen Stroms von 174 A auf 139 A (Reduzierung um 20 %<sup>1)</sup>, siehe Bild 5)

Als Folge davon:  
Reduzierung der Traktionskosten durch verringerten Wirkarbeitsverbrauch (Stromwärmeverluste) und Blindarbeitsbedarf

Netzentlastung und Spannungsstabilität

1) Die Angaben gelten für einen Triebzug 420, in den die 3C-LUB nachträglich – unter Beibehaltung der vorhandenen Ausrüstungsteile – eingebaut wurde. Sofern die elektrische Ausrüstung des Triebzuges, insbesondere das Verhältnis von Glättungs- zu Kommutierungsreaktanz, auf den LUB-Betrieb abgestimmt wird, läßt sich der Leistungsfaktor auf mindestens 0,96 anheben, und der aufgenommene Strom liegt um ca. 25 % niedriger als bei einem Triebzug mit konventioneller Abschnittsteuerung.

Bezogen auf einen mit herkömmlicher Abschnittsteuerung ausgerüsteten Triebzug erfordert die 3C-LUB zusätzlich:

Löschthyristoren, Block-, Koppel- und Ladedioden in Brücke 1 des Ankerstromrichters

Lösch- und Speicherkondensatoren

Ladewiderstand

Kondensator-Spannungsüberwachung

Ergänzung der Steuerung (6 Steckplatten)

In den Triebzügen 420 wurde der Einbau in folgender Weise realisiert:

Ersatz der in Bausteinweise ausgeführten Brücke 1 des Ankerstromrichters durch einen LUB-Stromrichter (Bild 8) in Schachtbauweise mit gleichen Abmessungen

Anordnung der Lösch- und Speicherkondensatoren sowie deren Spannungsüberwachung in der Bodenwanne, in der sich bisher nur der Ölkühlerlüfter befand (Bild 6)

Einbau des Ladewiderstandes im Untergestell in Transformatornähe

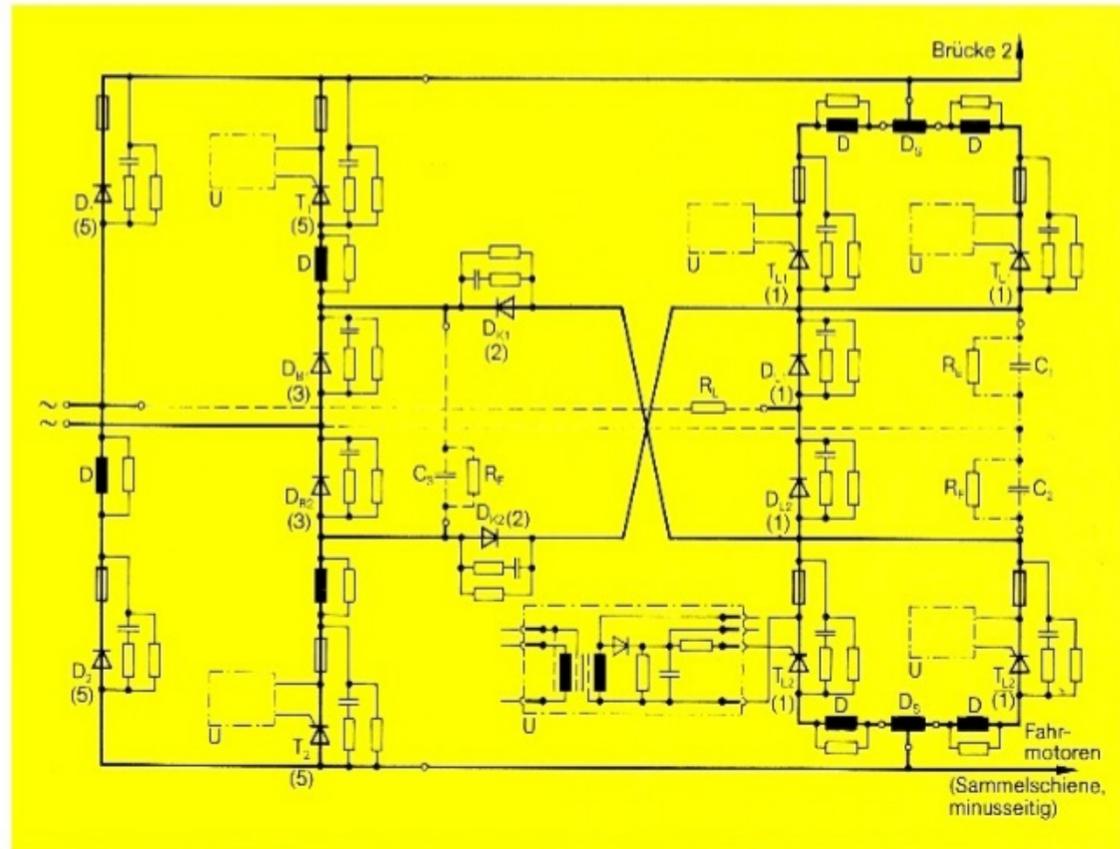
Ersatz des im mechanischen Aufbau-system ASR aufgebauten Elektronenschrankes durch einen Schrank gleicher Grundabmessungen im System GEATRONIC®. (Ab der 4. Bauserie, von der ab die Elektronik im System GEATRONIC® aufgebaut ist, werden in dem vorhandenen Schrank 6 zusätzliche Steckplatten benötigt.)

# LUB-Stromrichter

Anschluß-  
spannung : 448 V + 15%, 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> Hz  
Strom : 2700 A über 1 min  
2400 A dauernd  
Gewicht : 260 kg

Der Stromrichter ist in Schachtbauweise aufgebaut und zwangsbelüftet. Er ist für den Einbau in die Bodenwanne des Triebzuges konstruiert. Aufgrund des Steuerverfahrens und der Auslegung der Selbstkommutierungseinrichtungen können normale Netzthyristoren mit Freiwerdezeiten von ca. 300 µs verwendet werden. Die Kapazität von Lösch- und Speicherkondensatoren ist so bemessen, daß beim Löschen des maximalen, betrieblich auftretenden Stromes (ca. 4400 A) eine maximale Kondensatorspannung von ca. 1000 V nicht überschritten wird. Für die spannungsmäßige Bemessung der Zellen wurde dagegen die maximal zulässige Kondensatorspannung von 1200 V bei zusätzlicher Berücksichtigung der üblichen Sicherheitsfaktoren zugrunde gelegt.

Die Bestückung des Stromrichters für die umgebauten Triebzüge basiert auf den im Jahre 1972 verfügbaren Thyristoren und Dioden. Bei dem heutigen Stand der Halbleitertechnologie entspricht jedes Halbleitersymbol des in Bild 7 dargestellten Schaltplans einer Zelle.



7  
Bild 7: Schaltplan des Ankerstromrichters (Brücke 1) in 3C-Schaltung (3C-LUB)

T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> Hauptthyristor  
D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> Freilaufdiode  
D<sub>B1</sub>, D<sub>B2</sub> Blockdioden  
T<sub>L1</sub>, T<sub>L2</sub> Löschthyristor  
D<sub>K1</sub>, D<sub>K2</sub> Koppeldiode  
D<sub>L1</sub>, D<sub>L2</sub> Ladediode

U Impulsübertrager mit Beschaltung  
D Drossel (Schnittbandkerne)  
D<sub>S</sub> Stromteilerdrossel  
C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> Löschkondensator (je Zweig 4 x 550 µF, 1200 V)  
C<sub>3</sub> Speicherkondensator (6 x 800 µF, 1200 V)  
R<sub>E</sub> Entladewiderstand  
R<sub>L</sub> Ladewiderstand (680 Ohm)

Die in Klammern neben den Thyristor- und Diodenbezeichnungen angegebenen Zahlen nennen die Anzahl der parallel geschalteten Zellen.

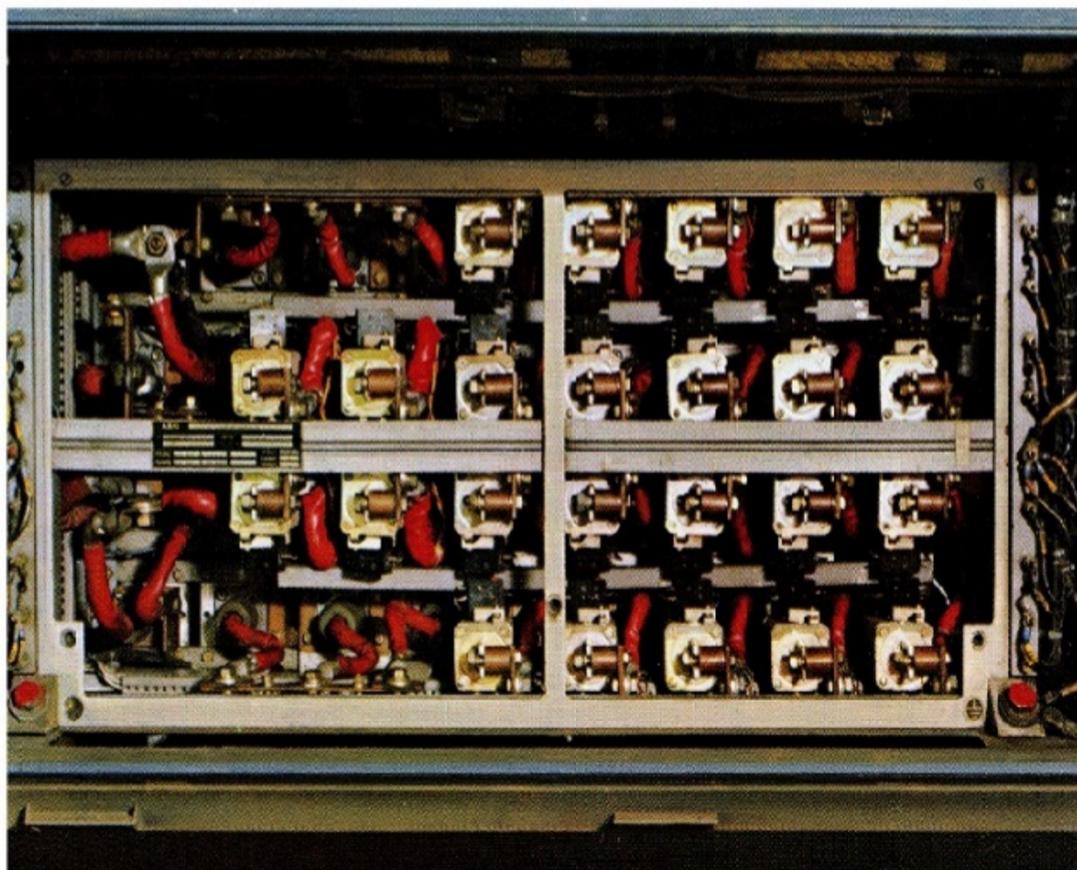


Bild 8: LUB-Stromrichter, eingebaut in die Bodenwanne des Triebzuges

**AEG-TELEFUNKEN**