

Zeitschrift:	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
Herausgeber:	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
Band:	67 (1976)
Heft:	14
Artikel:	Fernwirksysteme zur Steuerung des SBB-Fahrleitungsnetzes
Autor:	Traudisch, H.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-915185

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 16.01.2026

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

Fernwirksysteme zur Steuerung des SBB-Fahrleitungsnetzes

Von H. Traudisch

621.332 : 621.398

Wenn ein weiträumiges Netz wie dasjenige des SBB-Fahrdienstes automatisiert werden soll, bedarf es zuverlässiger Fernwirkeinrichtungen, die den Austausch von Informationen sicherstellen. Für diese umfassende Aufgabe kommen bei den SBB zwei Fernwirksysteme zum Einsatz, die hier beschrieben werden. Obwohl sich diese von der Technik her sehr stark unterscheiden, wurden beide nach den allgemein gültigen, strengen Baurichtlinien für neue Systeme entwickelt. Ferner wird kurz auf die sehr weitreichende Normalisierung der Montage der Fernwirkanlagen in den Unterwerken eingegangen.

Pour automatiser un réseau aussi étendu que celui du service de la traction des CFF, il faut disposer d'équipements de télécommande très fiables garantissant l'échange d'informations. Les deux systèmes de télécommande décrits par l'auteur sont applicables à cette vaste tâche des CFF. Quoique ces systèmes diffèrent grandement par la technique utilisée, ils ont été tous deux mis au point conformément aux sévères directives de construction valables d'une façon générale pour de nouveaux systèmes. L'auteur décrit en outre brièvement le montage fortement normalisé des installations de télécommande dans les sous-stations.

1. Einleitung

Im Zusammenhang mit der Automatisierung des Fahrdienstes bei den Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) kommt auch der Fernwirktechnik, für den Bereich der Energieverteilung mit den Fahrleitungsanlagen die wichtige Rolle des zuverlässigen Informationsübermittlers zu. Für die Fahrleitungssteuerung werden zwei Fernwirksysteme eingesetzt, die entsprechend ihren Aufgaben in eine 1. und 2. Ordnung gegliedert sind.

Die Schlüsselstellungen, die die beiden Fernwirksysteme in einem zunehmend automatisierten Bahnnetz einnehmen, verpflichteten den Hersteller, fertig durchdachte Systeme von hoher Zuverlässigkeit [1]¹⁾, genügender Sicherheit und klar definierter Schnittstellen zu entwickeln. Dabei musste der Austauschbarkeit gleicher Baugruppen (kompatible Moduln) über die gesamte System-Lebenszeit besondere Beachtung geschenkt werden. Aus heutiger Sicht wird eine Fertigungs- und Einführungszeit von 10 bis 15 Jahren für Systeme solchen Umfangs benötigt. Die gesamte Lebens- oder Einsatzzeit in derart weiträumigen Netzen ist mit mindestens 30 Jahren anzusetzen. Daraus ergibt sich, dass die der Aufgabe zugrundeliegende Systemphilosophie den Anforderungen der nahen Zukunft zu genügen hat.

Um eine wirksame Betreuung der Fernwirksysteme zu ermöglichen, musste auf eine gute Dokumentation und einfache Prüfhilfsmittel geachtet werden. Dazu kommt die gründliche Schulung des technischen Personals, das befähigt sein soll, sich in Ausnahmesituationen selbstständig zurechtzufinden. Die beiden, von Aufbau und Technik her sehr unterschiedlichen Fernwirksysteme der 1. und 2. Ordnung wurden nach diesen systemorientierten Richtlinien konzipiert und gebaut.

2. Fernwirksystem 1. Ordnung

2.1 Aufbau

Das Fernwirksystem 1. Ordnung wurde speziell zur Fernbedienung der Fahrleitungsschaltposten entwickelt. Im Herbst 1967 stand eine als Liniensystem konzipierte Prototypanlage für 6 Außenstellen bereit. Die verhältnismässig geringe Schaltbeanspruchung, die problemlose Betreuung der Einrichtungen und der daraus resultierende preisgünstige Aufbau beeinflussten die Entscheidung, das Fernwirksystem 1. Ordnung in bewährter Relaistechnik zu bauen [2].

Das in der 1. Ordnung eingesetzte elektromechanische Schaltelement ist das von der Telefonie her bekannte Flach-

¹⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

ankerrelais. Mit diesem wird neben einer hohen Verfügbarkeit (Intaktzeit) ein praktisch wartungsfreier Betrieb über die gesamte Lebensdauer garantiert. Heute, da komplett Anlagen gebaut sind und betriebliche Erfahrungen vorliegen, bestätigt sich die Zweckmässigkeit der getroffenen Massnahmen.

Der 1. Ordnung liegt ein vollsteckbares Konstruktionsystem zugrunde. Die verschiedenen Funktionseinheiten sind in steckbaren Einzelbaugruppen untergebracht. Die Gestellrahmen zur Aufnahme dieser Funktionseinheiten sind von den äusseren Abmessungen des bei den SBB eingeführten LIX-Systems übernommen worden. Sämtliche externen Verbindungen sind mit einem einheitlich geschalteten Kabeltyp (40adrig) als Analog-Verdrahtung ausgeführt. Für die analogen internen Verbindungen stehen besondere Rangierfelder zur Verfügung. Auf diesen werden alle frei zu verschaltenden Verbindungskabel, vom Tableau, von den Gestellen usw. zugeführt. Auf ein Rangierfeld kommen 12 ferngesteuerte Außenstellen (Schaltposten).

Für alle 26 Unterwerke (UW) ist eine einheitliche Anordnung der Gestellrahmen festgelegt worden. Fig. 1 zeigt die komplett zentrale Ausrüstung im UW Brugg für eine Fernwirkrichtung mit 24 Außenstellen. Folgende Gestelle sind darin in normierter Anordnung untergebracht (v. l. n. r.):

- Zusatzgestell 1 mit Meldesteichern für 6 Außenstellen
- Rangierfeld 1 (abgedeckt), Rangierfeld-Rückseite mit Kabelführung für 12 Außenstellen, 10 080 Anschlusspunkte in Wire-Wrap-Technik
- Zusatzgestell 2 (wie Zusatzgestell 1, teilbestückt)
- Hauptgestell mit zentralen Kommando-, Sende- und Melde-Empfangseinrichtungen sowie Überwachungs- und Messfeld
- Zusatzgestell 3 (wie Zusatzgestell 2)
- Rangierfeld 2 (gedeckt mit Verschalung)
- Zusatzgestell 4 (wie Zusatzgestell 2)
- Gestell für das Gleichstromabbild des Spannungszustandes der Fahrleitungsteilstrecken
- Endstützen, die zur Aufnahme der Wechselstromversorgung für die Tafelausleuchtung sowie verschiedener Gruppensicherungen dienen

Das Fernwirksystem 1. Ordnung ist für das gesamte Bahnnetz auf eine einheitliche Betriebsspannung von 48 V_{DC} ausgelegt. Zur Anpassung an andere Batteriespannungen sind passende DC/DC Wandler, für die Eigenversorgung AC/DC Wandler vorhanden.

Das Blockschaltbild (Fig. 2) zeigt in vereinfachter Form die Linienstruktur dieses Fernwirksystems. Die nach funktionalen Gesichtspunkten dargestellten Schnittstellenebenen kennzeichnen die Übergänge zu den angrenzenden Anlage- teilen. Mit einer zentralen Ausrüstung der Kommandostelle

im UW können bis zu 24 Außenstellen (Schaltposten) fernüberwacht werden. In einem UW werden für das SBB-Fahrleitungsnetz bis zu 4 zentrale Ausrüstungen der 1. Ordnung installiert.

2.2 Melderichtung

Nach einem zyklisch arbeitenden Aufrufverfahren fordert die Kommandostelle alle Außenstellen zur Meldungsabgabe auf. Dieser zentral gesteuerte Stationsaufruf wird normalerweise von einer Außenstelle eingeleitet, und zwar dann, wenn Meldungen mit Neuigkeitswert (Zustandsänderungen) zur Übertragung vorliegen (Fig. 3). In der Melderichtung gelangen die Schalterstellungs- und Warnsignalmeldungen (Kurzschluss, Spannungsausfall usw.) einheitlich als Doppelmeldung (DoM) zur Übertragung, z. B.

Schalter **AUS/EIN**

Warnsignal **AUS/EIN**

Ein kurzes Impuls- oder Pausenzeichen (40...50 ms) bedeutet «nein» (z. B. Schalter/Warnsignal **AUS** oder **EIN**), ein langes Zeichen (120...150 ms) «ja» (z. B. Schalter/Warnsignal **AUS** oder **EIN**). Wie aus dem Telegrammbild hervorgeht, werden jeweils zwei DoM ineinander geschoben, woraus dann gleich lange Meldeblocks entstehen. Der ersten DoM werden die Impulszeichen, der zweiten DoM die Pau-

senzeichen zugeordnet. Das Prinzip der Verschachtelung von zwei DoM zu einem Meldeblock erlaubt eine empfangsseitige Kontrolle der Zeichenfolge mittels eines Meldungsprüfers. Die Übertragungssicherheit des Meldetelegramms erfährt dadurch eine Hamming-Distanz von $d=2$. Stösst der Meldeblockprüfer auf eine äquivalente Zeichenfolge, wie 2 lange oder 2 kurze aufeinanderfolgende Zeichen, so wird der Abspeichervorgang in den Meldespeicher abgebrochen. Die betreffende Außenstelle wird erneut aufgerufen und veranlasst, ihr Meldetelegramm nochmals zu senden. Bleibt es bei der fehlerhaften Übertragung, so wird diese Außenstelle als gestört betrachtet und bei den folgenden Stationaufrufen übersprungen. Somit beschränkt sich ein solcher Fehler auf die gestörte Außenstelle.

Die Normausrüstung für eine Außenstelle wurde für 24 DoM ausgelegt. Der Ausbau der Sendeeinheiten wird in Stufen von 2×12 DoM vorgenommen. Die Länge des Meldetelegramms passt sich dem Ausbau für 12 oder 24 DoM an.

Die von der Kommandostelle empfangenen DoM werden in die Meldespeicher eingelesen. Bei diesen wird zwischen Schalter- und Warnsignalmeldungen unterschieden. Während bei der Schaltermeldung die Positionen **EIN** und **AUS** sofort als Dauersignal auf der Bedienungstafel erscheinen, wird die Warnsignalmeldung Position **EIN** zusätzlich mit Alarm-Blink- und Quittungskriterien verkoppelt.

Als Beispiel einer Meldungsübertragung sei die Stellungsänderung des Schalters 4 von **AUS** in **EIN** im Schaltposten 5 erläutert (Fig. 3). Dabei ist es gleichgültig, ob die Schaltung örtlich von Hand oder via Fernwirkanlage durch die Kommandostelle ausgelöst wurde. Die Sendeeinheit 4 veranlasst den zentralen Sendeteil der Außenstelle 5 auf Meldekanal K2 ein Dauersignal «Anruf an Kommandostelle» zu legen. Die Kommandostelle reagiert unmittelbar mit einem Kollektivkommando folgenden Inhalts:

Adresse: «An alle» (Aussenstellen)

Kommando: «Es folgt ein Abfragezyklus.»

Nach dem Kommando-Ausführungsschritt bleibt der Abfrage- und Kommandokanal K1 auf Zeichenlage (Dauersignal). Dieses hält alle Außenstellen in der Empfangsstellung fest. Damit wird auch der Meldekanal K2 freigeschaltet (kein Pegel); die Außenstelle 5 nimmt ihren Anruf zurück. Beim Abfragevorgang werden alle Außenstellen erfasst. Die Abfrage erfolgt durch kurze Unterbrechungen (50 ms) des Dauersignals auf K1. Die Außenstellen zählen die Pausenschritte mit und reagieren nacheinander durch Senden eines kurzen Impulses auf K2, wenn keine neue Meldung vorliegt, oder, wie bei Schaltposten 5, mit einem langen Impuls, wenn eine Neuigkeit (Schalter 4, **EIN**) mitzuteilen ist. Der lange Impuls (Belegung) stoppt in der Kommandostelle den Abfragevorgang und schaltet diese auf Empfang, so dass der Schaltposten 5 sein Meldetelegramm senden kann.

Der auf den Belegungsimpuls folgende Identifikations-Code des Absenders aktiviert den zugehörigen Meldespeicher 5. Die anschliessende Pause meldet, ob ein kurzer ($\triangle 12$ DoM) oder langer Informationsteil ($\triangle 24$ DoM) folgt. Für weitere Kriterien sind ein Impuls- und ein Pausenzeichen reserviert. Das letzte Impuls-Pausenzeichen ist der Vormeldung «Rückmeldekontakt in der Ortssteuerung defekt» vorbehalten. Die Ortssteuerung im Schaltposten kontrolliert dann alle angeschlossenen DoM auf antivalente Stellung.

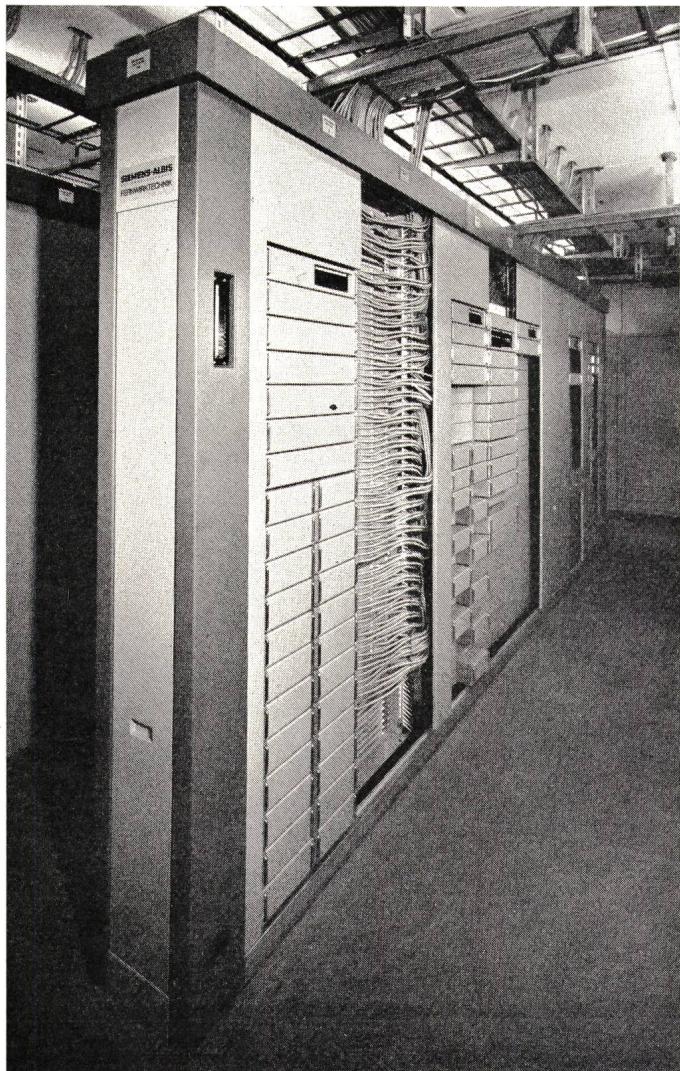


Fig. 1 Normierter Gestellreihenaufbau 1. Ordnung für eine Fernwirkrichtung und 24 Außenstellen

Damit wird jede durch einen Drahtbruch oder Steuerspannungsausfall verursachte antivalente Stellung (z. B. EIN = ja und AUS = ja) erkannt und als Vormeldung übermittelt.

Den Steuerschritten folgen die Meldeblöcke der Schalter und Warnsignale. Diese Informationen werden vom Meldeblockprüfer auf den richtigen Inhalt geprüft und gleichzeitig in den zugehörigen Meldespeicher eingelesen. Im normalen Betrieb wird auf der Bedienungstafel im UW kein Symbol ausgeleuchtet. Entsteht eine veränderte Schalterstellung (Beispiel: Schalter 4 EIN), so leuchtet der betreffende Steuerquittungsschalter (SQS) auf, der noch die alte Position AUS zeigt. Diese Differenz löst den akustischen Alarm aus. Der Beamte im Schaltstand quittiert den Alarm durch Drehen des SQS in die Position EIN.

Eine Warnsignalmeldung EIN erscheint auf der Bedienungstafel als blinkendes Transparent. Sie löst einen akustischen Alarm aus, der für jede Meldung als Gross- oder Kleinalarm programmierbar ist. Nach der Quittierung geht die optische Anzeige in Dauerlicht über und erlischt selbsttätig, wenn der NEIN-Meldezustand übertragen wurde.

Der Synchronschritt kennzeichnet das Ende eines Meldetelegrammes; der zentrale Empfangsteil prüft das Format des Telegrammes und gibt nach störungsfreiem Empfang den zentralen Sendeteil zum Aufruf der restlichen Außenstellen frei. Die Verzugszeit von einer einzelnen Meldungsänderung bis zur Anzeige auf der Bedienungstafel im UW liegt zwischen 4,5 und 9,5 s je nach betroffener Außenstelle.

Die Vormeldung «Rückmeldekontakt defekt» lässt alle SQS im Anzeigefeld des betroffenen Schaltpostens aufleuchten. Damit wird der Meldeblockprüfer stillgelegt, so dass alle

Meldungen ungehindert in den Meldespeicher eingeschrieben werden können. Die nacheinander neu eintreffenden Schaltermeldungen schalten bei Positionsübereinstimmung des SQS wieder auf dunkel. Gestörte Schalter bleiben ausgeleuchtet, was einer automatischen Fehlererkennung gleichkommt.

2.3 Kommandorichtung

Die Kommandos zur Steuerung der Schalter in den Schaltposten werden auf der Bedienungstafel mittels SQS, Einzelkommandos über Tasten, eingegeben (Fig. 4). Eine Standardausrüstung umfasst pro Außenstelle 30 Einzelkommandos, mit denen beispielsweise 15 Schalter in die EIN- und AUS-Position ferngesteuert werden können. Daneben werden noch weitere für interne Kontrollen benötigt:

- Prüfumlauf: Aufruf an alle Außenstellen, die sich mit Kurzimpuls melden;
- Stationsabfrage: gezielter Aufruf an eine Station, ihr Meldeprogramm abzusetzen;
- Generalabfrage: Aufruf an alle Außenstellen, ihr Meldeprogramm zu senden.

Jedes Kommando setzt sich in der Telegrammstruktur aus einem Adress- und einem Kommando-Code zusammen (Fig. 5). In der Kommandostelle sind Adressen- und Kommando-Sendeeinheiten zu gemeinsamen Codier-Baugruppen zusammengefasst. Der zentrale Sendeteil der Kommandostelle setzt die Paralleleingabe aus den Codier-Baugruppen in ein serielles Telegramm um und ist für die Aussendung verantwortlich. Nach Sendung der beiden Code und des Ausführungsschrittes über den Kommandokanal K1 wartet der eigene

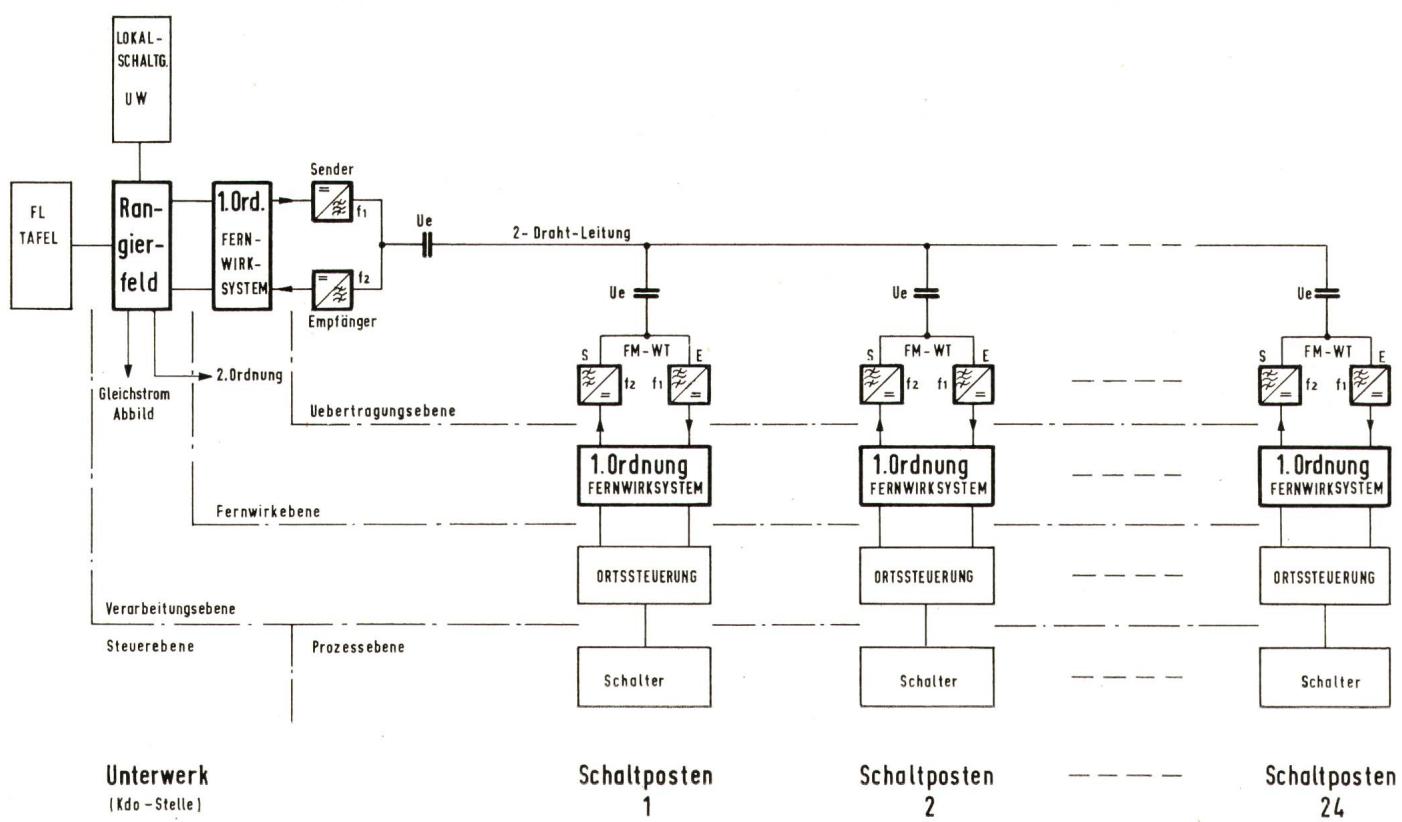


Fig. 2 Linienstruktur, Fernwirksystem 1. Ordnung nach funktionellen Schnittstellen geordnet

UW Unterwerk	Ue Schutzübertrager, 4 kV
FL Fahrleitung	S Sender
E Empfänger	FM-WT Frequenzmodulierte Wechselstrom-Telegrafie

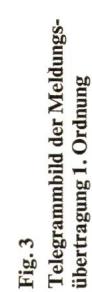
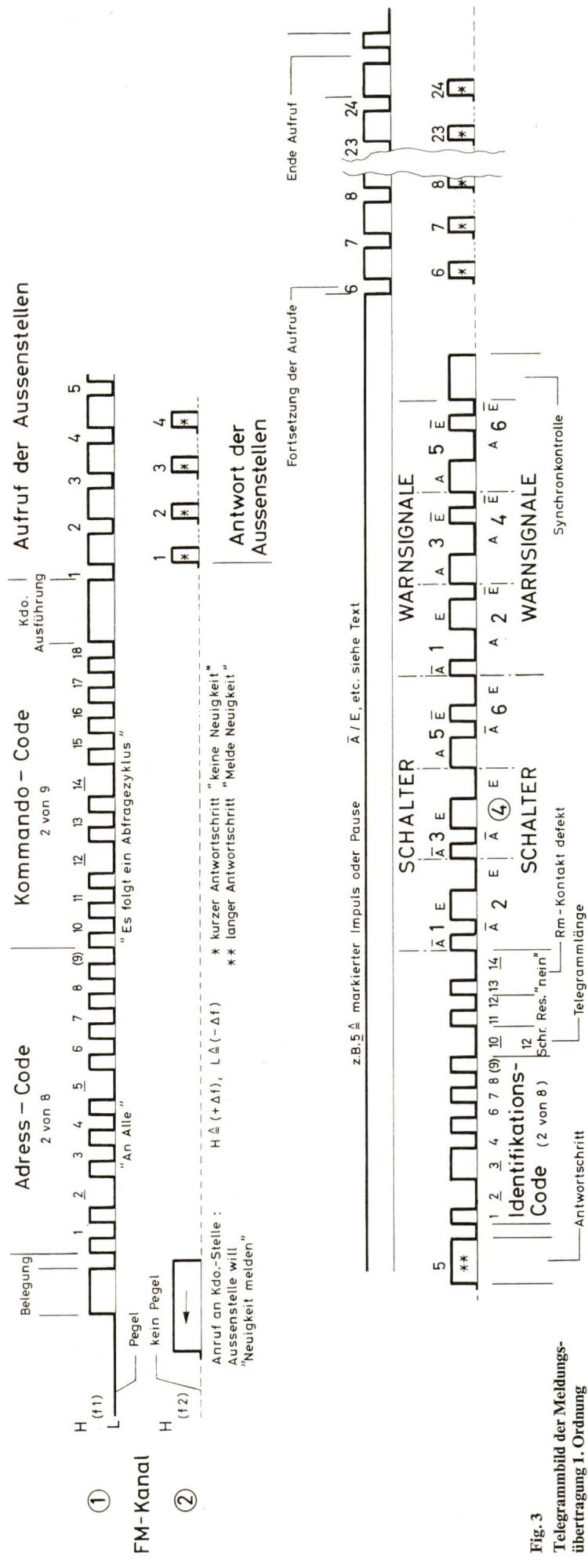


Fig. 3

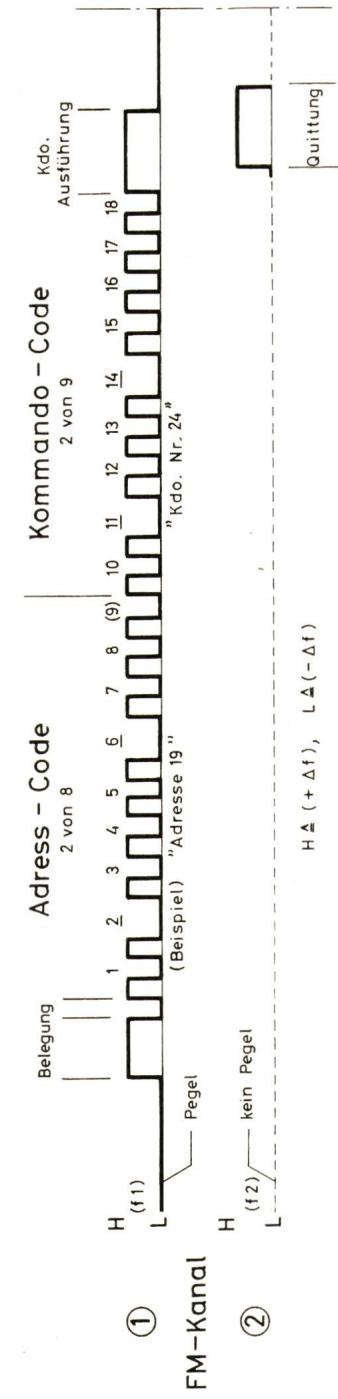


Fig. 5 Telegrammbild der Kommandoübertragung 1. Ordnung

zentrale Empfangsteil auf das zeitrichtige Eintreffen der Quittung auf Meldekanal K2.

Das Kommandotelegramm wird von allen Aussenstellen empfangen, jedoch nur von der angerufenen Aussenstelle (z. B. 19) ausgewertet. Fig. 6 zeigt das Prinzip der Code-Auswertung. Zwei Code-Prüfer kontrollieren den Adressen- und Kommando-Code auf Vollständigkeit. Der Adress-Decoder bereitet den Strompfad bis Ausgang 19 vor. Eine Programmbrücke in der Aussenstelle 19 verbindet den Ausgang 19 mit dem Quittungssenderelais QS und gibt so den Weg zum Kommando-Decoder frei. Dieser schaltet den Ausgang 24 zum zugehörigen Kommando-Ausgaberelais AR24 durch. Der Kommando-Ausführungsschritt Z aktiviert den gesamten Stromkreis, so dass AR24 anzieht und den Schalter im Schaltposten in die gewünschte Lage steuert.

Das Quittungssenderelais QS zieht in Serie zu AR24 und bewirkt die Rücksendung der Quittung auf dem Meldekanal K2 zur wartenden Kommandostelle. Ausgelöst durch die Schalter-Stellungsänderung, wird anschliessend die Kommandostelle zur Meldungsabfrage aufgefordert. Das neben dem Quittungssenderelais QS liegende Relais AA tritt bei einem Aufruf mit der Kollektivadresse «an alle» in Aktion. Es kann nicht nur für die internen Kommandos, sondern auch für Kollektiv-Kommandos (Kommando-Decoderausgänge a, b) herangezogen werden. Der Vorteil eines solchen Kollektiv-Kommandos liegt darin, dass dieses in allen Aussenstellen gleichzeitig ausgegeben wird.

Die Verzugszeit eines Kommandos, von der Eingabe mit einem SQS bzw. einer Taste, bis zum Anzug eines AR1...AR30 der Aussenstelle, beträgt $\approx 2,6$ s. Impuls, Pause und Belegungsschrift entsprechen denjenigen der Melderichtung. Der Kommando-Ausführungsschritt beträgt ≤ 400 ms, der Quittungsschritt ≤ 300 ms.

2.4 Notkommando

Das Fernwirksystem der 1. Ordnung enthält eine zusätzliche Einrichtung, die es gestattet, von jeder Aussenstation, in jeder Übertragungsphase, ein Notkommando an die Kommandostelle (UW) abzusetzen. Ein ausgelöstes Notkom-

mando wird, für alle Aussenstellen gleich, nach 1...1,5 s in der Kommandostelle wirksam.

2.5 Signal- und Messfeld

Jedes Gestell in den Kommando- und Aussenstellen ist im Kopfteil mit einer Überwachungsbaugruppe bestückt, mit Gruppensicherungen, Alarmrelais, optischen Alarmen für Sicherungsdefekt, Betriebs- und Störungsanzeigen, Tasten zur Einleitung von internen Kontrollen (Prüfumlauf usw.). Weiter stehen Messbuchsen für Spannungs- und Betriebskontrollen zur Verfügung. Falls ein Stecksaat in einen falschen Platz eingesteckt wird, löst unmittelbar der optische und akustische Alarm «Falscher Satz» aus. Das Hauptgestell ist zudem mit je einer Betriebs- und Störungsanzeige sowie Tasten zum gezielten Aufruf der 24 Aussenstellen zur Meldungsabgabe ausgerüstet.

3. Fernwirksystem 2. Ordnung

3.1 Aufbau

Einsatz und Anlagekonfiguration der 2. Ordnung sind in [3] dargestellt. Es handelt sich um ein reines Meldesystem, das in zyklischer Folge die aus dem Abbild gewonnenen Spannungsmeldungen der Fahrleitungsteilstrecken vom Unterwerk an die Fernsteuerzentren des Bahnbetriebes überträgt.

Für die 2. Ordnung kommt ein auf die heutige Datenübertragung abgestimmtes Fernwirksystem zum Einsatz [4; 5]. Die für Systeme gültigen Qualitätsbegriffe sind hohe Verfügbarkeit und entsprechend angepasste Sicherheit. Beide Größen spielten bei der Festlegung der Systemphilosophie eine entscheidende Rolle. Als Bauelement kommt weitgehend integrierte Logik zur Anwendung. Nur für die externen Signalkriterien werden Printrelais eingesetzt.

Mit seinen modernen, elektronischen Schaltmitteln ermöglicht dieses Fernwirksystem ein flexibles Konzept, mit welchem alle als sinnvoll anzusehenden Anlagenkonfigurationen (Linien-, Punkt-Punkt-Betrieb usw.) verwirklicht werden können.

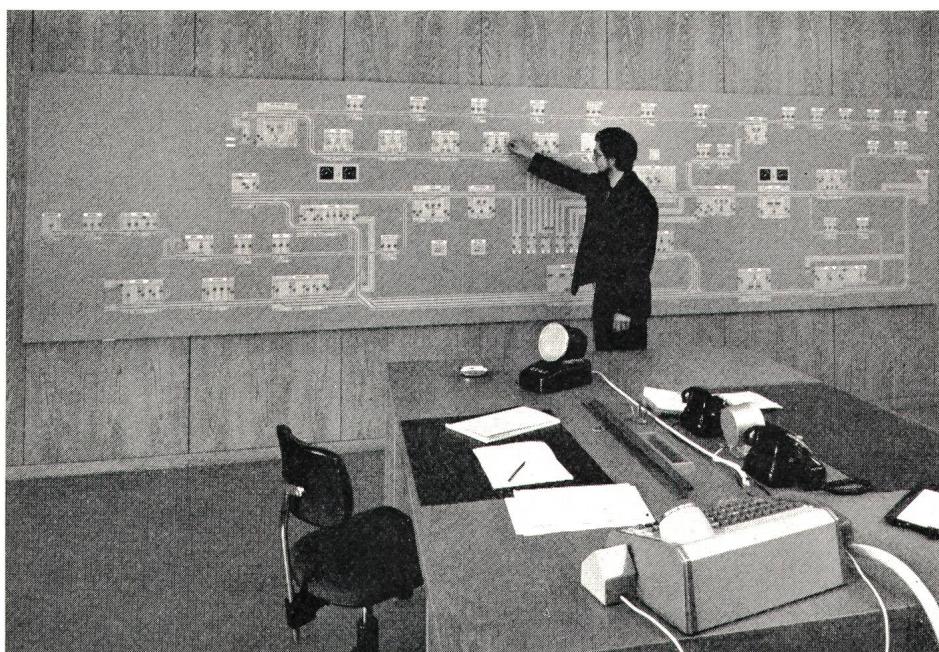


Fig. 4
Fahrleitungstafel im Schaltstand des
SBB-Unterwerkes Brugg

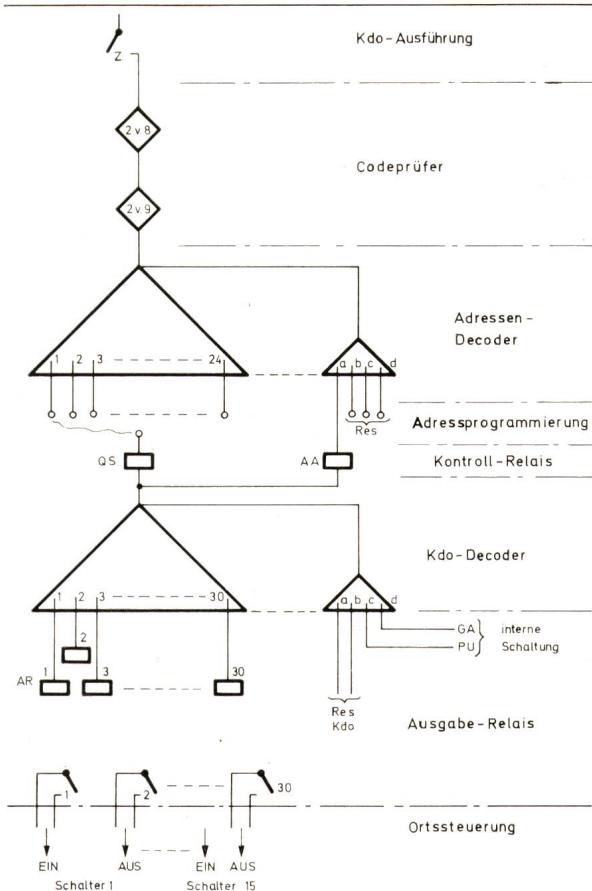


Fig. 6 Blockschema der Kommandodecodierung in einer Aussenstelle

Z Kommandoausführungs kontakt
 AA Adressenrelais «an alle»
 QS Kommandoquittungsrelais
 AR Kommandoausgaberelais
 GA Generalabfrage
 PU Prüfumlauf

Dem Fernwirksystem der 2. Ordnung liegt ein neu entwickeltes Konstruktionssystem zugrunde. Die wesentlichen Merkmale entsprechen den IEC- und DIN-Empfehlungen, wie beispielsweise 19-Zoll-Baugruppenrahmen, Grundteilung 1/10 Zoll, Europrint 100 × 160 mm, Steckersystem Reihe 2 usw. Die externen Eingabe- und Ausgabe-Leitungen sowie der interne Datenbus werden über Frontstecker angeschaltet. Dies erleichtert die Trennung interner und externer Potentiale. In allen Funktionszeilen des Fernwirksystems konnte eine Potentialtrennung (elektronisch) realisiert werden, welche die Ein- und Ausgabeschaltungen vom internen Verarbeitungsteil mit 2000 V isoliert. Ein weiteres Merkmal ist die mechanische Codierung aller Baugruppen gegen Verwechslung.

Die Spannungsversorgung ist so ausgelegt, dass sich jede Funktionszeile selbstständig mit den notwendigen Spannungen, z. B. 5 V_{int} und 5 V_{ext} versorgt. Dazu steht eine Spannungs-Versorgungs-Baugruppe DC/DC, 5 V_{ext}, 16 W als Normmodul zur Verfügung. Der Primärbereich des DC/DC-Wandlers reicht von 20...45 V bzw. 40...90 V, je nach vorhandenem Gleichstromnetz. Der DC/DC-Eingang regelt Spannungsschwankungen innerhalb der angegebenen Bereiche selbsttätig aus.

Die Wartungsarbeiten beschränken sich auf periodische Kontrollen, die vornehmlich dem Training des Personals für eine eventuelle Störung dienen. Diese technischen Kontrol-

len werden dadurch erleichtert, dass an verschiedenen Prints optische Anzeigen die Funktionsabläufe sichtbar machen. Daneben gibt es Prüfhilfsmittel, die eine Störungsermittlung an den peripheren Einheiten vereinfachen.

3.2 Funktion

Die schematische Darstellung in Fig. 7 zeigt die Fernwirk-Ausrüstungen im UW sowie diejenige eines Fernsteuerzentrums. An beiden Orten wird als zentraler Teil dieselbe Grundeinheit GEMSE eingesetzt, die sich in folgende Ein-

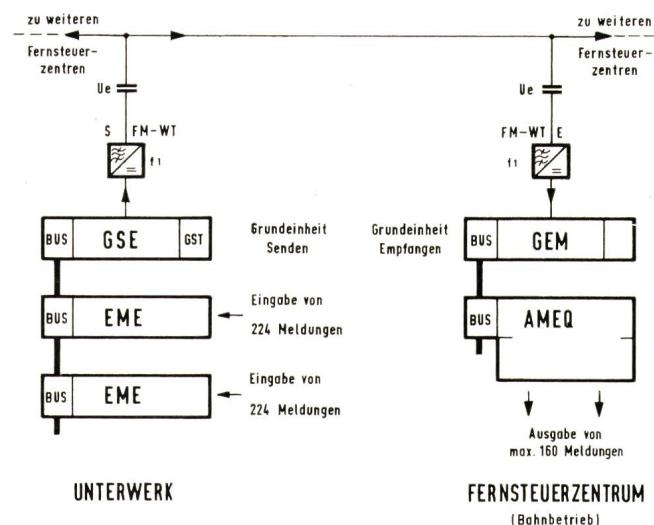


Fig. 7 Meldesystem 2. Ordnung, Komponenten im Unterwerk und in einem Fernsteuerzentrum

GSE Grundeinheit Senden
 EME Eingabe Meldungen
 GEM Grundeinheit Empfangen
 AMEQ Ausgabe Meldungen mit Quittierung

heiten gliedert: GST Grundeinheit Steuerung (einmal pro Zentrale), GSE Grundeinheit Senden resp. GEM Grundeinheit Empfangen, V24 Normschnittstelle nach den CCITT-Empfehlungen; gegebenenfalls Einbau eines WT-Kanals oder Anschluss für externen Modem.

Die GST steuert den gesamten Datenverkehr des Fernwirksystems und ist der Kommandostelle zugeteilt. Sie fordert über den internen Datenbus, per interner Adresse, in zyklischer Folge die angeschlossenen Funktionszeilen EME auf, ihr Meldeprogramm auszusenden. Die Grundeinheit GSE formiert das serielle Meldetelegramm und leitet es über die V24-Schnittstelle der FM-WT-Kanalausrüstung zur Aussendung weiter.

Das Meldetelegramm (Fig. 8) ist durch seine Grundstruktur, 8 bit \triangleq 1 Byte gekennzeichnet. Im Telegrammkopf aktiviert das Synchronbyte den Empfangsteil der Ausrüstung in den Fernsteuerzentren. Das Funktionsbyte meldet die Anzahl zu sendender Datensätze. Das Adressbyte lenkt das Telegramm zur richtigen Ausgabeeinheit (AMEQ). Der Adressvorrat umfasst bei zyklischer Betriebsart 64 Adressen. Die Datensätze werden uncodiert nach dem Impulslage-Verfahren übermittelt. Die sich daraus ergebende konstante Länge des Telegramms ist bei Messungen leicht zu interpretieren. Zur Sicherung des Telegramms schliesst sich den Datensätzen der Sicherungsblock an. Dieser besteht aus einem redundanzarmen BCH-Code (Bose-Chaudhuri-Code), der

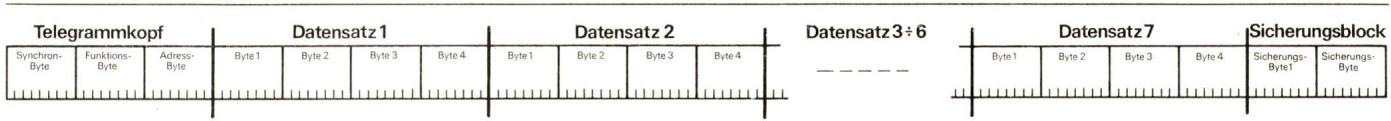


Fig. 8 Telegrammbild der Meldeübertragung 2. Ordnung, 8-bit-Struktur

das Meldetelegramm mit einer Hammingdistanz $d = 5$ gegen Verfälschung schützt.

Jeweils vier Bytes sind zu einem Datensatz zusammengefasst, der die Ausbaustufung von $4 \times 8 \triangleq 32$ Meldezustände ergibt. Pro EME können 7 Datensätze ($7 \times 32 = 224$ Meldungen) verarbeitet werden. Die Telegrammlänge wird automatisch der Anzahl ausgebauter Datensätze angepasst. Die Übertragungsgeschwindigkeit wird von den verwendeten Übertragungskanälen bestimmt und kann 50...9600 Baud betragen. Bei 100 Baud benötigt eine vollausgebaute EME eine Übertragungszeit von 2,64 s. Das Schwergewicht liegt für die 2. Ordnung bei der Vielzahl gleichzeitig zu übertragender Informationen.

Alle im Speisebezirk des UW liegenden Fernsteuerzentren empfangen das komplette Meldeprogramm der Spannungszustandsmeldungen. Das Meldetelegramm gelangt über die Empfängerbaugruppe in die Grundeinheit GEM (Fig. 7). Diese liest es in einen Zwischenspeicher und prüft es gleichzeitig auf formale Richtigkeit. Sie gibt die Adresse über den Datenbus intern an die AMEQ weiter, die bei Adressübereinstimmung der GEM die Richtigkeit quittiert und dann die Meldungen byteweise übernimmt.

Die maximal 160 Meldeausgänge der AMEQ können dem gesamten Telegramm einer EME derart zugeordnet werden, dass nur die dem Fernsteuerzentrum zugeordneten Meldungen am Ausgang erscheinen. Bei der Funktionszeile AMEQ wird von der Normausbaustufung abgewichen, indem die 32 Meldungen eines Datensatzes nicht über einen, sondern über zwei Frontstecker zu je 16 Meldungen herausgeführt werden (Fig. 9). Wegen der hohen Schaltleistung (ca. 1 A) erscheinen die Meldungen mit zwei Adern am Ausgang.

Die Ausgabe erfolgt über Triac, direkt an das Wechselstromgespeisene Pult des Fernsteuerzentrums. Das Normalbild «Strecke unter Spannung» erscheint auf dem Pult dunkel. Eine spannungslose Teilstrecke wird zunächst mit blinkenden Symbolen und akustischem Alarm angezeigt. Nach dem Quittieren gehen die blinkenden Symbole in Dauerlicht über. Wird die Teilstrecke dem Fahrleitungsnetz wieder zugeschaltet, so wechselt das Symbol erneut von Dauerlicht zu Blinklicht und löst wieder akustischen Alarm aus.

Ein Zyklusausfall wird auf dem Pult als «Störung Fernwirkanlage» angezeigt. Die zentrale Ausrüstung in der Kommandostelle enthält ferner eine Zusatzschaltung, die eine Übertragung kurzzeitiger Zustandsänderungen, bedingt durch Momentankurzschlüsse einer Teilstrecke, unterdrückt.

4. Übertragungsausrüstungen

Der Fernwirktechnik bietet der Markt eine reiche Auswahl guter Übertragungssysteme an. Für kleinere und mittlere Übertragungsgeschwindigkeiten kommt das aus dem Telegrafiegebiet stammende Frequenz-modulierte Wechselstrom-Telegrafie-System (FM – WT) zur Anwendung. Für mittlere bis höhere Geschwindigkeiten, 600...9600 Baud, stehen Gleich- und Wechselstrom-MODEMS zur Verfügung. Auch das SBB-Leitungsnetz, das von verschiedenen Fachdiensten beansprucht wird, leidet an Adernknappheit. Um dieser zu begegnen, verlegt die SBB entlang der Hauptstrecken Koaxkabel, wodurch Adern in den Streckenkabeln frei werden. So kann für die 1. und 2. Ordnung allenfalls ein Adernpaar freigeschaltet werden. Für diese Anwendung wurde ein vereinfachtes FM-WT-Kanalsystem speziell für 2-Drahtbetrieb und grosse Distanzen entwickelt. Der Kanalbedarf für beide Fernwirkssysteme ist bei einer einfachen Netzstruktur gering; die 1. Ordnung kommt mit zwei Kanälen zu 50 Baud, die 2. Ordnung – wegen des Einwegverkehrs – sogar nur mit einem Kanal aus. Mit den 10 zur Verfügung stehenden Kanälen lassen sich deshalb auch kompliziertere Netzstrukturen realisieren.

5. Montage

Die konsequente Normalisierung der Installationen in allen SBB-UW vereinfacht die Montagearbeit, ungeachtet des Umstandes, dass die Räumlichkeiten der Unterwerke in baulicher Hinsicht zum Teil grosse Unterschiede aufweisen. Montagematerial und Funktionsbaugruppen werden in Einzelteilen oder Einzelmodulen angeliefert und erst am Ort von einer eingespielten Montageequipe zusammengebaut. Diese Gruppe prüft die Einrichtungen elektrisch und funktionell. Die letzte Prüfphase, das Zusammenspiel mit den örtlichen Einrichtungen des Unterwerkes und den Außenstellen (Schaltposten), wird gemeinsam mit dem SBB-Personal durchgeführt. Für die Inbetriebsetzung wurden Prüfgeräte und -hilfsmittel gebaut, die ein umfassenderes und rascheres Prüfen der Fernwirkanlagen gestatten.

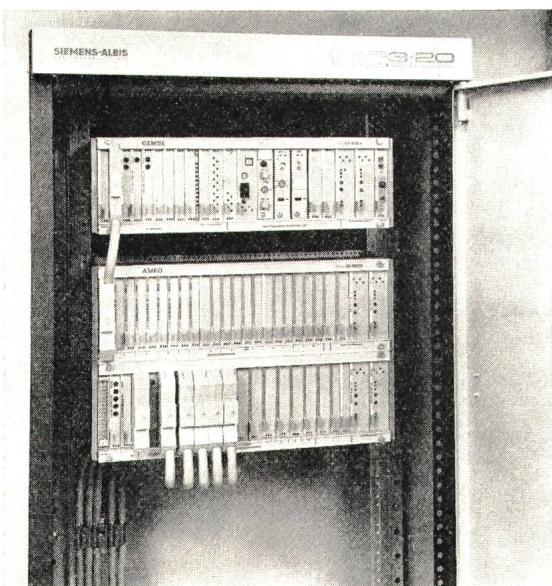


Fig. 9 Fernwirkbaugruppe im Fernstelwerk 2. Ordnung für wahlweisen Ausbau der 160 Meldeinformationen: Einbauplätze 1...4 belegt (v.r.)

6. Schlussbetrachtung

Die zwei verschiedenen Techniken – hier bewährte Relaistechnik und dort integrierte Elektronik – sind ihrer Aufgabe gemäss optimal eingesetzt. Entscheidend bei der Lösung der umfangreichen Aufgabe war und bleibt die ständige Orientierung an dem einmal festgelegten Systemkonzept. Die SBB-Arbeitsgruppe als federführende Institution bietet dafür Gewähr und sorgt durch interne Kooperation für eine einheitliche Linie. Neben der Bearbeitung der technischen Aufgaben ist in Zusammenarbeit mit den Hauptlieferanten der administrative Aufwand für das Offert-, Bestellungs- und Rechnungswesen auf ein absolutes Minimum reduziert worden. Dazu wurden Artikelpreiskataloge sowie Projektblätter geschaffen, die nur einmal pro Anlage erstellt und als Kopie den Offerten, Bestellungen usw. beigefügt werden. Dieses vereinfachte Verfahren schliesst Fehler bei der Projektbearbeitung praktisch aus. Es setzt allerdings voraus, dass der

Kunde das einzusetzende Fernwirksystem vom Aufbau und der Funktion her sehr gut kennt. Solches bedingt wiederum eine intensive und gute Zusammenarbeit, wie sie mit Vorteil durch eine technische Arbeitsgruppe erreicht wird.

Literatur

- [1] *J. Mayer*: Die Zuverlässigkeit von Systemen. Rechenmethoden für gleiche reparierbare Einheiten. Sonderdruck Nr. 2001.75200. Zürich, Siemens-Albis AG, 1975.
- [2] *R. Binder* und *H. Traudisch*: Die Steuerung und Überwachung des Fahrleitungsnetzes der Schweizerischen Bundesbahnen. Elektroniker 8(1969)6, S. 265...269.
- [3] *P. Strauss*: Der Betrieb eines ausgedehnten Fahrleitungsnetzes unter besonderer Berücksichtigung von Störungssituationen. Bull. SEV/VSE 67(1976)14, S. 693...699.
- [4] *R. Beyersdorff*: DUS 700, ein neues Fernwirksystem für die Eisenbahnsignaltechnik. Siemens Z. 48(1974)11, S. 856...860.
- [5] Albis-Fernwirksystem tc 3-20. Publikation Nr. 1211.75200. Zürich, Siemens-Albis AG, 1975.

Adresse des Autors

Hans Traudisch, Ing. techn. HTL, Leiter der Sektion Fernwirktechnik, Siemens Albis AG, 8047 Zürich.