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: 65 (1974)

Heft: 5

Artikel: Eisenbahnsicherungswesen

Autor: Ernst, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915366

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: 09.07.2025

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

Eisenbahnsicherungswesen

Von H. Ernst

656.25 : 621.332.69 : 621.38.049

Nach einem kurzen Rückblick auf die Entwicklung des Eisenbahnsicherungswesens von der Mechanik zur Elektrotechnik werden neue Anwendungsgebiete für elektronische Schaltungen sowie für Prozessrechner beschrieben.

Après un bref rappel de l'évolution des installations de sécurité ferroviaire, d'abord mécaniques, puis électriques, l'auteur décrit les nouveaux domaines d'application de circuits électroniques et d'ordinateurs operationels.

1. Die bisherige Entwicklung

Im Eisenbahnsicherungswesen – oder Eisenbahnsignalwesen, wie es in Deutschland genannt wird – fand die Elektrotechnik schon frühzeitig erste Anwendungen, obschon die eigentlichen Stellwerkapparate mit ihren Abhängigkeiten und Verschlüssen zwischen den einzelnen Stellhebeln für Weichen, Fahrstrassen und Signalen noch jahrzehntelang ausgeklügelte Meisterwerke der Mechanik blieben. Von den ersten Anwendungen der Elektrotechnik sind – neben dem altvertrauten Steckenläutewerk mit Gewichtsantrieb und elektromagnetischer Auslösung – vor allem zwei Beispiele zu erwähnen, deren Erfindung auf die 70er Jahre des vergangenen Jahrhunderts zurückgeht und die zum Teil heute noch im Betrieb anzutreffen sind. Auf dem Prinzip des periodisch von Hand aufzuziehenden Gewichtsantriebes mit elektromagnetischer Auslösung vom Stellwerk aus, beruhte auch die sog. Hippsche Wendescheibe (Fig. 1), die vor allem auf kleinen Stationen in der Ostschweiz anzutreffen waren. Die grösste Verbreitung hat jedoch das von Siemens entwickelte Wechselstrom-Blockfeld gefunden (Fig. 2). Es handelt sich dabei um eine elektromagnetische Sperre, womit z. B. der Signalhebel eines Ausfahrsignals in Haltstellung verschlossen wird und die nur durch Stromgabe von der Nachbarstation aus freigegeben werden kann, nachdem der betreffende Zug dort eingetroffen ist.

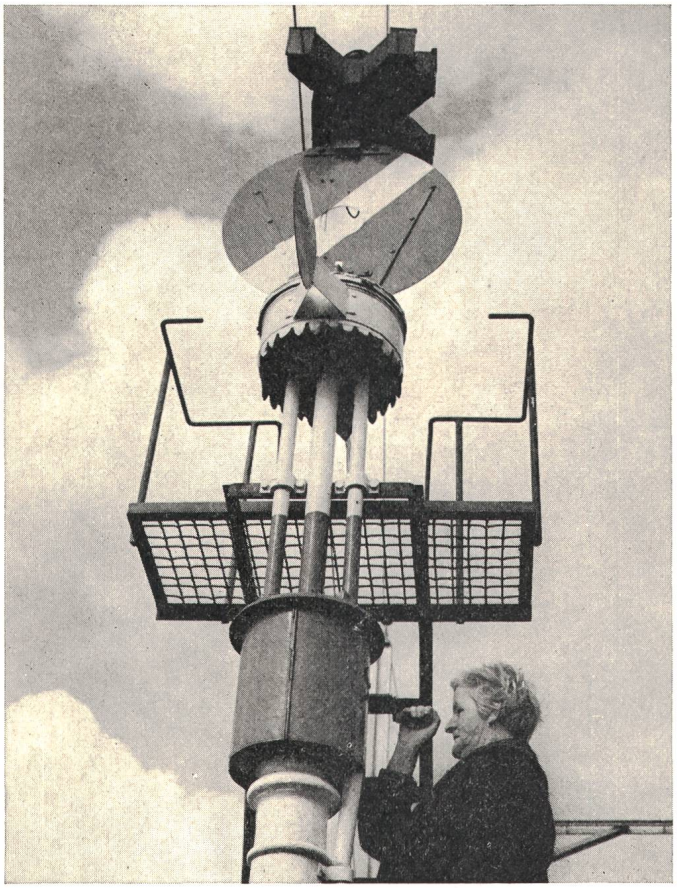

Fig. 1 Hippsche Wendescheibe als Einfahrsignal einer einfachen Nebenlinienstation
(Der elektromagnetisch ausgelöste Gewichtsantrieb musste von Hand aufgezogen werden)

Alle diese Anwendungen stammen aus einer Zeit, wo noch kein Stromversorgungsnetz zur Verfügung stand und wo der Strom zum Betätigen dieser Einrichtungen entweder aus Primärzellen entnommen wurde, oder durch Drehen eines Handinduktors selber erzeugt werden musste. Von diesen ersten Anwendungen der Elektrizität im Eisenbahnsicherungswesen bis zur heutigen Technik, die auf eine weitgehende Automatisierung ausgerichtet ist, war es allerdings ein langer und beschwerlicher Weg.

Der elektromotorische Antrieb für Weichen (Fig. 3) anstelle der über Gestänge- oder Doppeldrahtzugleitungen übertragenen Muskelkraft fand nur sehr zögernd Anwendungen. Lange Zeit scheute man die erhöhten Baukosten aber auch die vermehrte Störungsempfindlichkeit elektrischer Antriebe. Die ersten elektromechanischen Stellwerkanlagen kamen im Ausland vereinzelt bereits anfangs des Jahrhunderts, in der Schweiz erstmals 1922 zum Einsatz. Bei diesen ersten elektrischen Anlagen waren die elektromechanisch verriegelten Bedienungshebel für Weichen, Fahrstrassen und Signale in einem Schalterwerk eingebaut, das noch sehr stark an die früheren mechanischen Vorbilder erinnert, und das anfänglich auch noch ein mechanisches Verschlussregister hatte.

Auch der Übergang von den mechanischen Formsignalen mit drehbaren Signalscheiben oder schwenkbaren Signalflügeln zu den ursprünglich mit Tageslichtsignalen bezeichneten Lichtsignalen mit ihren roten, gelben und grünen Laternen, war erst möglich, nachdem die Stromversorgung aus zwei unabhängigen Netzen, dem Fahrleitungsnetz und dem öffentlichen Versorgungsnetz, Wirklichkeit wurde. Diese Lichtsignale haben sowohl für den Lokomotivführer als auch für den Unterhaltsdienst erhebliche Vorteile. Die Signale sind auch bei ungünstigen Sichtverhältnissen besser erkennbar und dank der Kombinationsmöglichkeit verschiedener Lichtpunkte ist es möglich, dem Lokomotivführer mehrere Geschwindigkeitsstufen anzuzeigen.

In der eigentlichen Stellwerktechnik wurde das mechanische Verschlussregister erstmals Ende der 30er Jahre durch Relaiskontakte abgelöst (Fig. 4) und erst nach weiteren 20 Jahren erfolgte der Übergang zur freien Tastenbedienung ohne spürbare Verschlüsse. Die wichtigste Grundlage für die moderne Stellwerktechnik ist ein Sicherheitsrelais (Fig. 5). Bei diesem Relais ermöglicht die starre Kupplung der beweglichen Kontakte und des Ankers mit einem einzigen Kontakt zu prüfen, dass keiner der Gegenkontakte geschlossen ist.

Die moderne Stellwerkbauart, das Gleisbildstellwerk (Fig. 6) mit geographisch in einem schematischen Gleisplan

angeordneten Bedienungstasten und Meldefenstern, ist als Baukastensystem konzipiert, so dass eine Stellwerk-Innenanlage weitgehend aus genormten Bauteilen und steckbaren Relaisgruppen zusammengestellt werden kann. Gegenüber den früheren Bauarten konnte auch der Aktionsradius eines solchen Stellwerks erheblich vergrössert werden, so dass mit Hilfe von automatischer Gleisfreimeldung mit Schienenstromkreisen grosse Bahnhofbezirke und allenfalls auch noch benachbarte Anlagen von einem einzigen zentralen Gleisbildstellwerk aus überwacht und bedient werden können. Ausserdem kann die Bedienung weitgehend automatisiert werden und schliesslich eignet sich das Gleisbildstellwerk auch zur Fernsteuerung (Fig. 7).

Es mag den unbefangenen Leser wohl erstaunen, dass bisher im Eisenbahnsicherungswesen elektronische Schaltungen nur in gewissen Randgebieten Eingang fanden, wie z. B. Achszähleinrichtungen für die automatische Freimeldung von Streckenblockabschnitten, Fernübertragungseinrichtungen zur Fernsteuerung und Fernüberwachung von Sicherungsanlagen sowie für Zugnummernmeldeeinrichtungen. Der Grund dafür liegt in der Tatsache, dass es bisher nicht möglich war, Vorschriften für den Bau und die Prüfung elektronischer Sicherheitsschaltungen aufzustellen, die garantieren, dass jeder auftretende Fehler oder Defekt rechtzeitig erkannt wird und sich nur im Sinne der Sicherheit, d. h. nur betriebshemmend auswirken kann, wie dies bei Re-

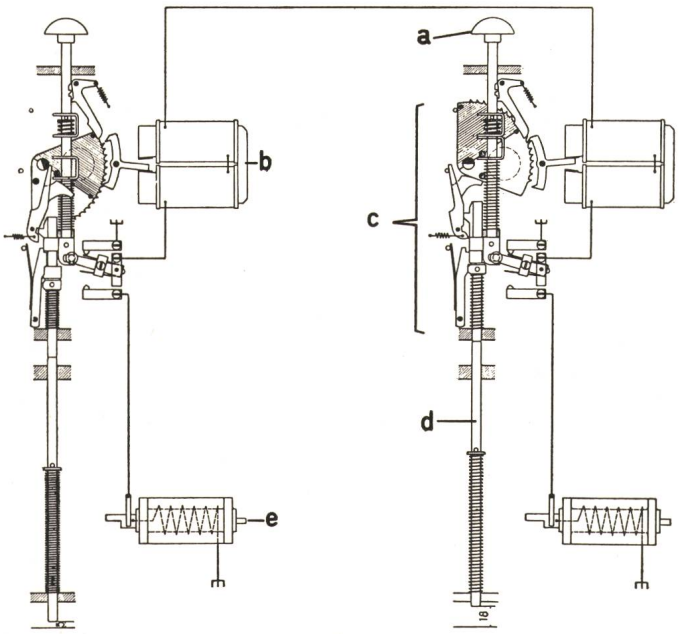

Fig. 2 Zusammenwirken zweier Wechselstrom-Blockfelder

a Blocktaste
b Magnetsystem mit gepoltem Anker
c Verschlussmechanismus
d Verschlußstange
e Kurbelinduktor

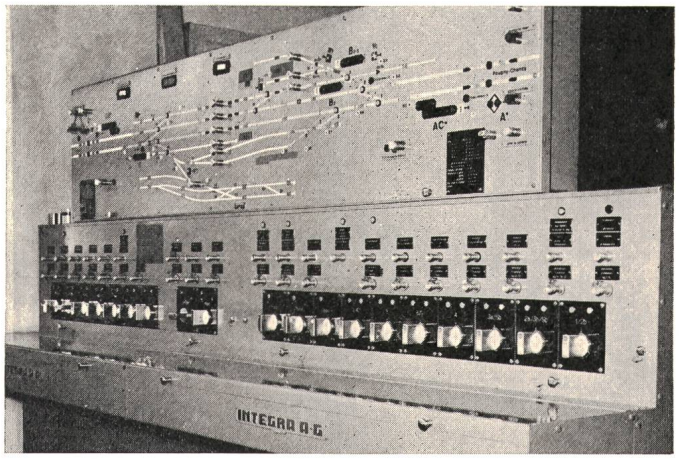

Fig. 4 Elektrisches Schalter-Stellwerk mit elektromechanisch gesperrten Einzelschaltern und mit elektrischen Verschlüssen

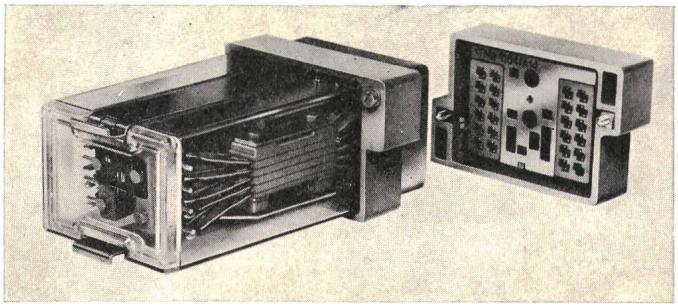

Fig. 5 Sicherheitsrelais, einzeln steckbar

Dasselbe Relais kann auch als Doppelrelais, als Stützrelais sowie in Relaissätzen mit Lötanschlüssen verwendet werden.

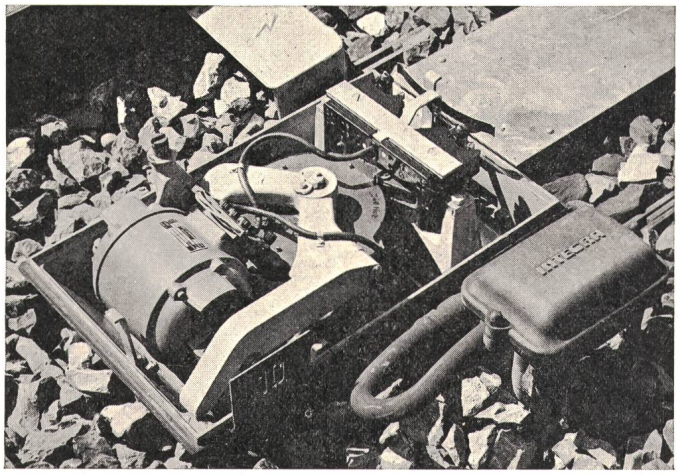

Fig. 3 Elektrischer Weichenantrieb mit Drehstrommotor, einstellbarer Rutschkupplung und Endkontakten

Gehäuse und Endkontakte offen

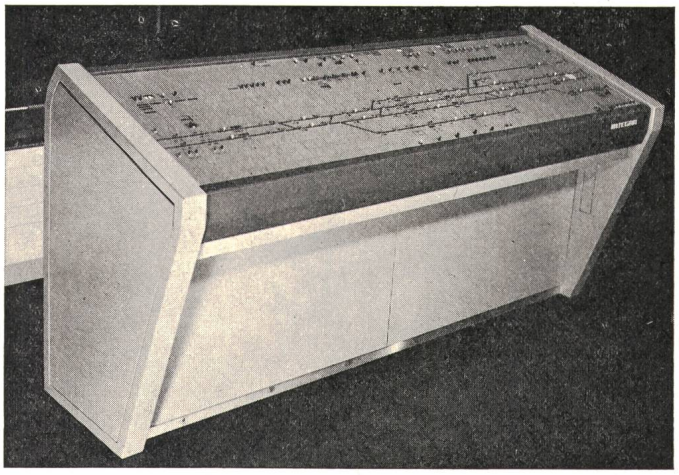

Fig. 6 Gleisbildstellwerk neuester Bauart (Spurplantechnik)

Die Bedienung erfolgt fahrstrassenmässig durch Drücken von Start und Zieltaste

laisschaltungen von jeher üblich war. Es ist leider auch nicht gelungen, solche Fehler durch konstruktive Massnahmen auszuschliessen. Das Parallelschalten zweier oder mehrerer elektronischer Stromkreise mit derselben Funktion hilft ebenfalls nicht weiter, da damit das Kernproblem nur auf die Vergleichschaltung verlagert wird.

Für bestimmte Aufgaben erscheint heute der Einsatz von Prozessrechnern aussichtsreich zu sein. Dank der integrierten Schaltkreistechnik weisen solche Rechner eine hohe Verfügbarkeit und ein gutes Preis-Leistungsverhältnis auf. Für die Erfüllung der Sicherheitsbedingungen ist allerdings genügende Redundanz der verarbeiteten Informationen notwendig. Diese kann zum Beispiel durch zwei Rechnerprogramme, die in zwei verschiedenen Maschinen verarbeitet werden, oder durch zwei unterschiedliche Programme auf der gleichen Maschine gebildet werden. Wenn bei einem Rechnerausfall die Anlage immer noch sicher arbeiten soll, so ist auch noch eine Geräte-Redundanz in Form einer zweiten oder dritten Maschine notwendig.

2. Automatisierung von Rangierbahnhöfen

Nach dem Güterverkehrskonzept der SBB soll in Zukunft das personalintensive Zerlegen und Neuformieren der Güterzüge in 15 hiefür besonders einzurichtenden Rangierbahnhöfen konzentriert werden. Um eine entsprechende Leistungsfähigkeit dieser Anlagen zu erreichen und um den Personalaufwand klein zu halten, sollen diese Rangierbahnhöfe weitgehend automatisiert werden.

Der Zerlege- und Sortiervorgang erfolgt bekanntlich in Ablaufanlagen (Fig. 8) wobei die einzelnen vorher entkuppelten Wagen oder Wagengruppen unter dem Einfluss ihrer Schwerkraft in das der Zielrichtung zugeordnete Richtungsgleis frei abrollen. Damit sich der Ablaufbetrieb trotz der sehr unterschiedlichen Laufeigenschaften des internationalen Güterwagenparkes störungsfrei abwickelt, ist am Anfang der Verteilzone eine Geschwindigkeitsregulierung notwendig, was mit leistungsfähigen, hydraulisch betätigten Balken-Gleisbremsen möglich ist. Um ein unzulässiges Zusammenprallen der Wagen in den Richtungsgleisen zu vermeiden, muss die Geschwindigkeit am Anfang dieser Gleise nochmals stark vermindert werden, wofür elektrodynamische Gleisbremsen eingesetzt werden. Schliesslich sind auch noch Seilförderanlagen notwendig, damit schlechtlaufende Wagen nicht schon am Anfang der Richtungsgleise stehen bleiben und um die einzelnen Wagen und Wagengruppen kuppelreif zusammen zu schieben. Alle diese Einrichtungen zusammen mit den in die Richtungsgleise führenden Verteilweichen, müssen nach ganz bestimmten Gesetzen und Rechenvorschriften auf Grund der eingegebenen Zielrichtung und

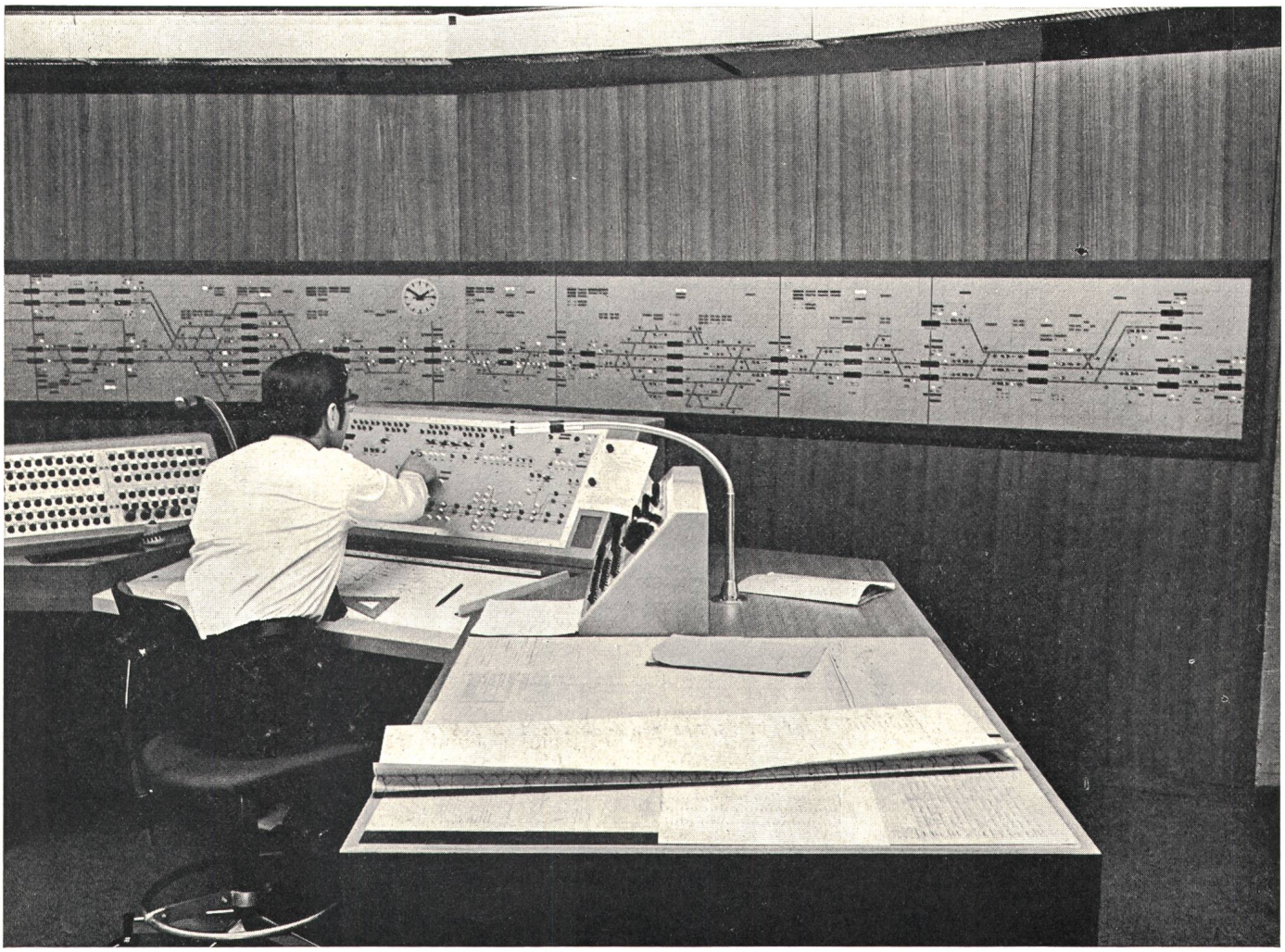

Fig. 7 Fernstellwerk der Strecke Zürich–Thalwil
Um eine bequeme sitzende Bedienung zu ermöglichen, sind die Bedienungstasten von der Meldetafel getrennt in einem besonderen Pult mit kleinen Abmessungen geographisch angeordnet

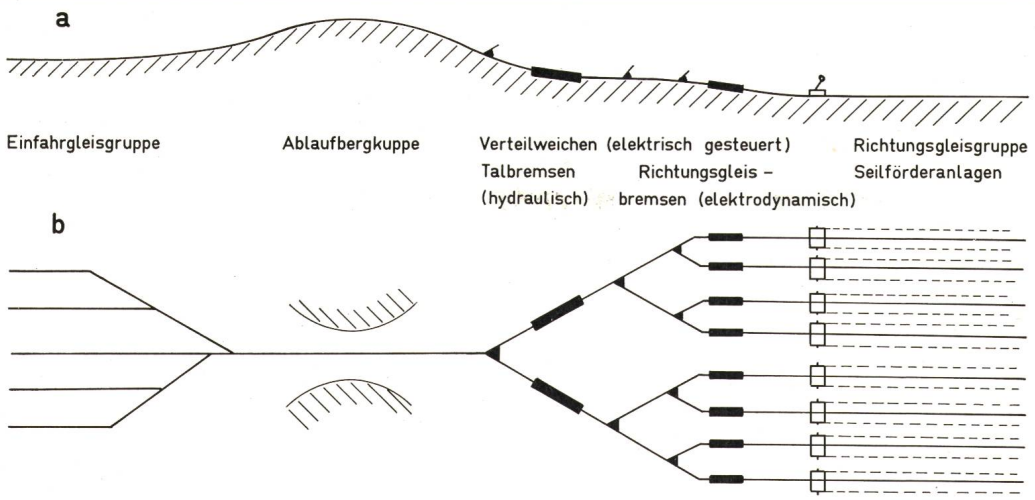

Fig. 8
Schematische Darstellung eines Rangierbahnhofes
a Längenprofil
b Grundriss

Achszahl sowie der gemessenen Achsgewichte und der momentanen Laufgeschwindigkeit automatisch gesteuert werden. Wie die bisherigen Erfahrungen in Versuchsanlagen gezeigt haben, ist dies eine typische Aufgabe für eine Istzeitverarbeitung mit Prozessrechnern. Ein besonderer Vorteil des Prozessrechners gegenüber einer festverdrahteten Schaltung besteht neben der grösseren Zuverlässigkeit der integrierten Technik auch in der Flexibilität der Programmierung.

Da es sich in diesem Fall nicht um eine Aufgabe mit sicherungstechnischen Bedingungen handelt, eine ständige Verfügbarkeit aber doch verlangt werden muss, arbeitet man hier mit einem steuernden Rechner und einem mitlaufendem zweiten Rechner als «heisse Reserve» auf den im Störungsfall sofort umgeschaltet werden kann, ohne dass dabei der Betrieb gestört würde.

3. Linienzugbeeinflussung

Das klassische Mittel zur Befehlsübermittlung vom Stellwerk zum Lokomotivführer ist das an der Strecke vorhandene Signal. Das richtige Beachten der Signale ist somit für die Sicherheit des Eisenbahnbetriebes von ausschlaggebender Bedeutung. Beim ursprünglichen Dampfbetrieb waren alle Lokomotiven zweimännig mit Führer und Heizer besetzt, wobei beide für die Signalbeobachtung verantwortlich waren. Elektrische Triebfahrzeuge können dagegen einmännig geführt werden. Schon Mitte der 30er Jahre haben die SBB als Ersatz für den zweiten Mann ein einbegriffiges Warnsystem, die automatische Zugsicherung, Bauart Signum, eingeführt (Fig. 9). Ursprünglich wurde der Warnbegriff nur bei Vorbeifahrt an einem Halt ankündigenden Vorsignal ausgelöst. Im Laufe der Zeit wurde nun aber dieser Warnbegriff auch noch für verschiedene andere Zwecke mitbenützt. So spricht die Zugsicherung heute auch bei Überfahren eines Halt zeigenden Ausfahrsignals oder bei Annäherung an eine nicht geschlossene automatische Barriere an. Zurzeit sind ausgedehnte Versuche im Gange mit einer neuen elektronischen Auswerteschaltung, die ermöglicht, zwei verschiedene Polaritäten und damit den Halt- vom Warnbegriff zu unterscheiden.

Im Bestreben, die Sicherheit noch weiter zu erhöhen, aber auch im Hinblick auf künftig mögliche höhere Fahrgeschwindigkeiten wird jedoch auch diese verbesserte Zugsicherung in Zukunft für die Haupt- und besonders für neue Schnellfahrstrecken nicht genügen. Untersuchungen auf internationaler Ebene ergaben, dass als künftiges europäisches Zugbeeinflussungssystem nur eine linienförmige Informationsübertragung in Frage kommen kann. Ein solches System erlaubt nicht nur einzelne Signalbegriffe zu übertragen, sondern ist im Stande, auf Grund der eingegebenen Strecken- und Zugsdaten die momentan zulässige Fahrgeschwindigkeit für jeden Zug zu berechnen und zu überwachen. Hierzu ist ein ständiger Telegrammaustausch zwischen der Streckenzentrale und den in ihrem Bereich verkehrenden Zügen notwendig, wobei jede Lokomotive jede Sekunde mindestens ein Telegramm erhält, auf das sie antworten muss. Auch für diese Aufgabe bietet sich heute der Prozessrechner als zweckmässigstes Verarbeitungsorgan an. Da hier die Betriebssicherheit in Frage steht und sich allfällige Rechenfehler verhängnisvoll auswirken könnten, kommt für diese Aufgabe ein Dreirechnersystem zur Anwendung. Damit ein Fahrbefehl zustande kommt, müssen immer mindestens zwei Rechner fehlerfei arbeiten. Es besteht somit die Möglichkeit, vorübergehend einen der drei Rechner zur Wartung oder zur Störungsbehebung ausser Betrieb zu setzen, ohne dass dadurch die sichere Informationsübertragung gestört wird.

Der Übertragung dient ein in Gleismitte verlegtes Antennenkabel, der sog. Linienleiter (Fig. 10). Der Frequenz-

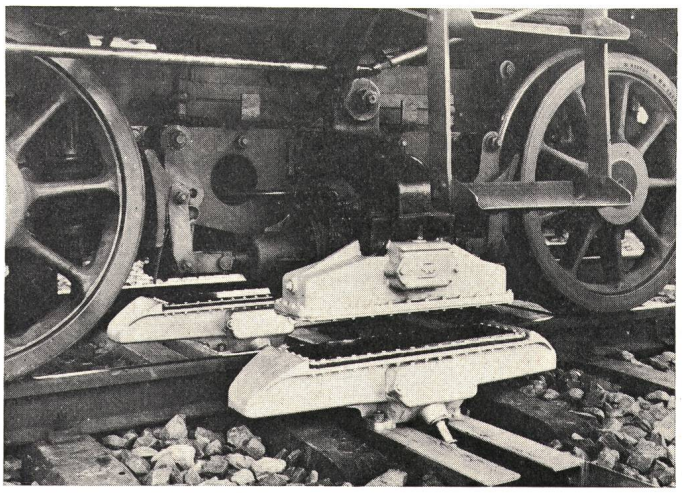

Fig. 9 Automatische Zugsicherung
Die sich beeinflussenden Elektromagnete im Gleis und an der Lokomotive stehen gerade übereinander

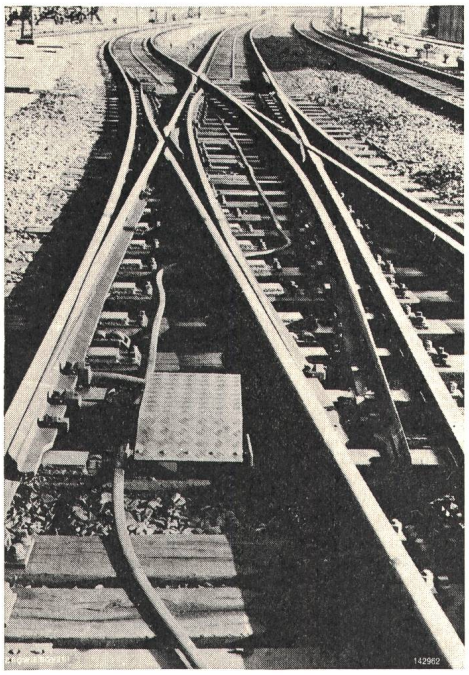

Fig. 10 Linienleiterverlegung in einer doppelten Kreuzungsweiche
Als Rückleitung wird das Schienennetz benützt

bereich liegt zwischen 40 und 80 kHz. Das international festgelegte Telegramm umfasst für die Richtung Strecke zur Lokomotive 83½ bits, die mit 1200 Bd gesendet werden, wogegen in umgekehrter Richtung 41 bits mit 600 Bd übertragen werden. In Deutschland sind schon seit mehreren Jahren Versuchsstrecken mit Linienzugbeeinflussung im Betrieb, und auch bei den SBB werden solche zurzeit eingerichtet, um praktische Erfahrungen sammeln zu können.

4. Automation und Fernsteuerung von Stellwerkanlagen

Neben dem modernen Gleisbildstellwerk sind die wichtigsten Grundlagen für die Automation ein besonders zuverlässiges Übertragungssystem, der automatische Streckenblock und die Zugnummernmeldung. Der automatische Block ermöglicht einen Streckenabschnitt freizumelden, ohne dass das Zugschlussignal beobachtet werden muss. Bei kurzen Blockabschnitten bis etwa 1,5 km Länge werden für die Gleisfreimeldung vorwiegend Schienenstromkreise verwendet, wogegen bei längeren Abschnitten, sowie bei nicht isolierfähigen Stahl- oder Betonschwellen Achszähleinrichtungen eingesetzt werden. Bei diesen wird die Freimeldung von einem Vergleich der am Anfang und am Ende des Abschnittes registrierten Fahrzeugachsen abhängig gemacht. Mit Hilfe von zugbedienten Blocksignalen ermöglicht der automatische Block lange Stationsdistanzen in zwei oder mehrere Blockabschnitte zu unterteilen und damit die Streckenleistungsfähigkeit zu erhöhen. Wenn der automatische Block beidseits einer Zwischenstation eingerichtet ist, können deren Signal wie automatische Blocksignale durch die Züge gesteuert werden, so dass diese im Durchgangsbetrieb nicht mehr besetzt werden muss. In der Regel werden automatisierte Anlagen von einem ständig besetzten Bahnhof aus fernüberwacht. Dieser erhält auch die Möglichkeit, bei Unregelmässigkeiten einzugreifen, was insbesondere notwendig ist, wenn ausser den Signalen auch Weichen oder Barrieren automatisch gesteuert werden.

In vielen Fällen wird verlangt, dass auf einer unbesetzten Station auch Zugkreuzungen oder Überholungen ferngesteuert werden müssen. Auch auf einer solchen ferngesteuerten Station ist aber der automatische Betrieb der Normalzustand, so dass nur bei Abweichung vom Durchgangsbetrieb eingegriffen werden muss.

Um dem Fahrdienstleiter einer Fernsteuerzentrale Zeit für dispositive Aufgaben zu geben und ihm trotzdem einen möglichst grossen Wirkungsbereich anvertrauen zu können, ist es nötig, ihn von allen Routineaufgaben zu entlasten. Neben der Fahrstrassenspeicherung zur Vorbereitung einer vom Zug zeitgerecht ausgelösten Signalbedienung, bietet die Zugnummernmeldung weitere interessante Möglichkeiten an. Die im Dienstfahrplan aufgeführten Zugnummern werden am Rande des Fernsteuerbezirkes von der Nachbarzentrale oder von einer ständig besetzten Station eingegeben. Sie erscheinen darauf auf der Streckentafel der Zentrale und werden entsprechend der Fahrt des Zuges von Abschnitt zu Abschnitt automatisch fortgeschaltet. Die Zugnummern-Anzeigefenster und Speichergruppen sind sechsstellig ausgelegt, obschon für die Zugnummer nur 5 Stellen benötigt werden. Die erste Stelle kann somit für ein Lenkungskriterium verwendet werden, das bei Annäherung des Zugs an eine Verzweigungsweiche die dieser Zugnummer zugeordnete Fahrstrasse selbsttätig und zeitgerecht einstellt.

In einer weiteren Ausbaustufe kann dieses Lenkkriterium auch für die Programmierung von Kreuzungen und Überholungen verwendet werden. Da die vorhandenen 9 verschiedenen Kriterien nur für einfache Verhältnisse ausreichen, müssen an bestimmten Punkten Umprogrammierungen vorgenommen werden. Ein erster Versuch wurde mit einem Kreuzschienenwähler gemacht. Für kompliziertere Fälle dürfte in Zukunft auch für diesen Zweck ein Minicomputer eingesetzt werden.

Mit Rücksicht auf den Fahrdienstleiter, der bei betrieblichen oder technischen Störungen im fernüberwachten Bereich die Sicherheitsverantwortung selber übernehmen muss, darf der Wirkbereich einer Fernsteuerzentrale unter Berücksichtigung der Zugdichte nicht allzugross gewählt werden. Andererseits braucht der Fahrdienstleiter aber die nötigen Informationen über den Zuglauf frühzeitig, um noch disponieren zu können. Um diesen widersprüchlichen Forderungen entsprechen zu können, gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder gibt man dem Fahrdienstleiter einer Fernsteuerzentrale gewisse zusätzliche Informationen über den Zuglauf in den Nachbarbereichen, oder man schafft eine übergeordnete Dispositionszentrale, welche diese Informationen von mehreren Fernsteuerzentralen erhält. Der erste Fall wurde bereits bei der Fernsteuerzentrale Lausanne verwirklicht. In Zürich, wo mit der Zeit mehrere Fernsteuerzentralen eingerichtet werden müssen, wird voraussichtlich der zweite Fall zweckmässiger sein. Für derartige Dispositionszentralen kann dann allenfalls ein Dispositionsrechner eingesetzt werden, der Fahrplanabweichungen anzeigt und der Programme enthält, um gewisse Konfliktsituationen selbsttätig zu lösen, indem z. B. ein Zug mit höherer Priorität gegenüber einem anderen bevorzugt behandelt werden kann. Zurzeit ist die Frage, wie weit eine derartige Kybernetisierung getrieben werden soll,

noch umstritten und kann schliesslich nur auf Grund praktischer Erfahrungen entschieden werden. Sicher wird aber auch dieses Gebiet ein Anwendungsfall für Prozessrechner werden.

Eine weitere sehr umstrittene Frage ist schliesslich noch, ob es zulässig und zweckmässig wäre, die eigentliche Stellwerklogik in einen Rechner zu verlegen. Die Hauptschwierigkeit besteht auch hier wieder in einer befriedigenden Gewährleistung der Sicherheitsbedingungen, was bis ins letzte Detail nachgewiesen werden müsste. Eine sicher arbeitende Rechnerkombination könnte gewiss nur für grössere Anlagen in Frage kommen, da der Anteil der Zentraleinheit jedenfalls beträchtlich wäre. Für mittlere und kleine Anlagen, welche die grosse Mehrzahl darstellen, sollte mit Rücksicht auf den apparativen und übertragungstechnischen Aufwand, nicht zuletzt aber mit Rücksicht auf den Notbetrieb in Störungsfällen, auf das örtliche Gleisbildstellwerk nicht verzichtet werden.

5. Schlussbetrachtung

Im Zeitalter der «Eisenbahnrenaissance» erhält auch das Eisenbahnsicherungswesen erhöhte Bedeutung, indem ihm neue wichtige Aufgaben überbunden werden. Es ist zu hoffen, dass zur Erfüllung dieser Aufgaben die nötigen personellen und finanziellen Mittel zur Verfügung stehen werden.

Adresse des Autors:
H. Ernst, dipl. El.-Ing. ETH, Chef der Unterabteilung Sicherungswesen der Generaldirektion SBB, Mittelstrasse 43, 3000 Bern.

Technische Mitteilungen – Communications de nature technique

Elektrische Energie-Technik und -Erzeugung
Technique et production de l'énergie

Die 270-MW-Turbinen-Pumpengruppe «Rodund II» im Vorarlberg

621.311.21 : 621.221.4

[Nach *K. Giersig:* Grundsätzliches zur Planung der hydraulisch-maschinellen Einrichtung im Pumpspeicherwerk «Rodund II» Elektrizitätswirtschaft 72(1973)24, S. 821...826]

Die Vorarlberger Illwerke AG betreiben im Vorarlberg ein ausgedehntes kombiniertes System von Wasserkraftwerken, welches nun durch das Pumpspeicherwerk «Rodund II» erweitert wird. Mit 270 MW Leistung im Turbinenbetrieb und 256 MW Aufnahme im Pumpbetrieb verarbeitet die Maschinengruppe 85 m³/s im Turbinenbetrieb bzw. 67 m³/s im Pumpbetrieb. Das Bruttogefälle beträgt min. 329 m und max. 354 m. Die Maschine «Rodund II» wird bei der auf Herbst 1975 vorgesehenen Inbetriebnahme die grösste Pumpspeichermaschine Europas sein.

Das Betriebsprogramm sieht für die Gruppe «Rodund II» rund 1900 Vollaststunden pro Jahr im Turbinenbetrieb und rund 1200 h im Pumpbetrieb vor. Aus dem Zufluss obenliegender Werke werden in der neuen Anlage jährlich rund 310 GWh und dazu aus dem Umwälz-Pumpbetrieb weitere rund 175 GWh erzeugt werden.

Zwischen Oberbecken (Stauziel max. 992 m ü. M., min. 974 m ü. M.) und dem Schachtkraftwerk «Rodund II» wird ein kurzer, nur 674 m langer Schrägschacht von 4,15 m Durchmesser erstellt. Einziges oberwasserseitiges Abschlussorgan ist ein Kugelschieber von 2550 mm Nennweite. Die vertikalachsige Maschinengruppe mit Francis-Pumpenturbine, aufgebautem Motor-Generator und darüber einem Anwurfmotor von 35 MVA Kurzzeitleistung ist in einem rund 57 m tiefen, kreisrunden Schacht von rund 20 m Durchmesser untergebracht. Die Maschinenhalle hat einen Kran von 300 t Tragkraft, mit welchem die Turbinenpumpe ohne Demontage des Generators stückweise ausgebaut werden kann.

Das Laufrad mit 4,4 m Aussendurchmesser ist wegen des besonders im Sommer sandhaltigen Wassers aus Chromstahlguss hergestellt. Das Spiralgehäuse ist wegen der Transportmöglichkeiten fünfteilig ausgeführt. Die Leitschaufeln sind mit Einzelservomotoren ausgerüstet. Die Ständer- und Läuferwicklungen sind wassergekühlt. Die Anlage hat folgende kurze Anfahrzeiten: Vom Stillstand bis Turbinenbetrieb 80 s; vom Stillstand bis Pumpbetrieb 155 s; vom Pump- auf Turbinenbetrieb 80 s, umgekehrt 250 s. *P. Troller*

Übertragung, Verteilung und Schaltung
Transmission, distribution et couplage

Schaltversuche mit unbelasteten und induktiv belasteten 220- und 380-kV-Transformatoren

621.314.21 : 621.316.5.06

[Nach *E. Hoffmann* u. a.: Schaltversuche mit unbelasteten und induktiv belasteten 220-kV- und 380-kV-Transformatoren, Elektrizitätswirtschaft 72 (1973)22, S. 753...761, und *H. J. Sowada*, «Schaltversuche mit unbelasteten und induktiv belasteten 220-kV- und 380-kV-Transformatoren, Elektrizitätswirtschaft 72(1973)22, S. 762...764]

In Deutschland sind in den letzten Jahren durch die Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs- und Hochstromtechnik in Anlagen des Badenwerks, der Preussenelektra und der Nordwestdeutschen Kraftwerke die im Titel präzisierten Schaltversuche mit Transformatoren von 330 bzw. 600 MVA Nennleistung durchgeführt worden. Die Auswertung dieser Versuche hat zu folgenden Schlussfolgerungen geführt:

Das betriebsmässige Ein- und Ausschalten eines leerlaufenden Netztransformators soll nur dann durchgeführt werden, wenn die an der Tertiärseite anzuschliessenden Ladespulen abgeschaltet sind.

Um Schaltüberspannungen bei entsprechenden Ausschaltungen durch den Schutz oder durch Fehlbedienung zu vermeiden, wird geprüft, ob der 30-kV-Schalter vor den 220- bzw. 380-kV-seitigen Schaltern geöffnet werden kann. Dies sollte möglichst durch einen sehr schnellen 30-kV-Schalter gewährleistet sein. Wegen der höheren Wahrscheinlichkeit von Schutzauslösungen sollten längere Freileitungen nicht ohne Zwischenschaltung eines Leistungsschalters mit 380/220-kV-Transformatoren verbunden werden, sofern an diese Transformatoren Ladestromspulen angeschaltet sind.

Jeder Überschlag einer Pegelfunkenstrecke der Transformatordurchführungen ist mit einem ungedämpften, steilen Spannungszusammenbruch verbunden und bedeutet für die Wicklung des Transformators eine Beanspruchung mit abgeschnittener Schaltspannung. Deshalb wurden bei einigen Anlagen die Pegelfunkenstrecken an den Oberspannungs-Durchführungen sowie am Sternpunkt nach Rücksprache mit den Herstellern ausgebaut. Die Pegelfunkenstrecken müssen aber sofort wieder eingebaut werden, wenn Ableiter nicht mehr funktionsfähig oder betriebsbereit sind. Die Schaltspannungswerte der an den Phasen verwendeten 220- und 380-kV-Ableiter sollen zuverlässig bekannt sein, da diese Ableiter zum Schutz der Transformatorisolierung gegen Schaltspannungen unerlässlich sind. *P. Troller*