BBC
BROWN BOVERI

Geschwindigkeitsgeregelte funkferngesteuerte V 60-Diesellokomotiv-Doppeltraktionseinheiten der DB für Abdrückbetrieb

BROWN, BOVERI & CIE · AKTIENGESELLSCHAFT · MANNHEIM

SONDERDRUCK AUS
»ETR – EISENBAHNTECHNISCHE RUNDSCHAU« HEFT 11/1962

CARL RÖHRIG VERLAG · DARMSTADT

Geschwindigkeitsgeregelte funkferngesteuerte V 60-Diesellokomotiv-Doppeltraktionseinheiten der DB für Abdrückbetrieb

Von Dipl.-Ing. Dr. rer. techn. Kurt FRIEDRICH, München

DK: 625.283-843.6:625.283-519:621.396.931:656.212.5

In Gemeinschaftsarbeit der Brown Boveri & Cie. AG. und des Bundesbahn-Zentralamtes München wurde ein Funkfernsteuerungssystem entwickelt, mit dem die Geschwindigkeit der Lokomotiven bei der Zerlegung eines Zuges am Ablaufberg eines Rangierbahnhofs vom Bergmeister ohne Eingreifen des Lokomotivführers geregelt wird. Damit kann die Leistung im Abdrückbetrieb merklich verbessert werden.

In cooperation with Brown, Boveri & Cie., AG., the Central Offices of the Federal Railways in Munich have developed a method of remote control by radio from the hump controller's office for regulating the speed of hump locomotives when splitting up a train at the marshalling yard. This function is performed independently of the locomotive driver, and results in a considerable increase in the rate at which wagons can be pushed back.

La firme Brown Boveri SA et l'Office Central du Chemin de fer fédéral allemand à Munich ont mis au point en commun un système de télécommande par radio qui permet au chef du poste de bosse de régler la vitesse de pousse des locomotives sur la bosse de triage sans intervention du mécanicien. Ceci améliore sensiblement le rendement des triages.

En colaboración entre la Brown Boveri & Cie. AG. y la Oficina Central de los FF. CC. Federales Alemanes en Munich, se ha desarrollado un sistema de radiocontrol con el que la velocidad de las locomotoras al descomponer un tren en el lomo de asno es regulada por el capataz de maniobras sin intervencion del maquinista. Por este sistema se pueden racionalizar notablemente las operaciones de lanzamiento.

I. Vorgeschichte und Aufgabe

Auf den meisten großen Rangierbahnhöfen der Deutschen Bundesbahn wird die Sonderung der Güterwagen durch Abdrücken der Züge über Ablaufberge durchgeführt. Neben zahlreichen anderen Maßnahmen zur Beschleunigung und Rationalisierung dieses Rangiergeschäftes wie beispielsweise mit dem Rangierzettelverfahren und neuerdings durch elektronische Steuerung der Ablaufbremsen und der Weichenstellung, war es schon frühzeitig ein Wunsch des Betriebes, die Abdrückgeschwindigkeit eines Zuges durch den Bergmeister schnell und genau steuern zu können; man sollte z. B. bei zusammenbleibenden Wagengruppen die Ablaufgeschwindigkeit erhöhen, bei einzelnen Wagen sie wieder vermindern oder in Sonderfällen wie bei Schwer- oder Fehllauf einzelner Wagen, den Betrieb entweder stark verlangsamen oder sogar schnell abstoppen können. Man erhoffte sich durch diese „Bergmeister-Fernsteuerung des Abdrückbetriebes"*) vor allem eine weitere Erhöhung der Leistungsfähigkeit der einzelnen Rangier-

*) Es war und ist bei der Fernsteuerung der Abdrücklokomotiven durch den Bergmeister nach dem DB-System nicht daran gedacht, die Lokomotive unbesetzt zu steuern. Der Lokomotivführer bleibt stets auf ihr; er holt den Zug aus der Abstell- oder Einfahrtharfe und fährt ihn in sog. „Hand- oder Direktsteuerung" bis vor den Berg. Dann erst wird auf die Funkfernsteuerung umgeschaltet und die Lokomotive dem Bergmeister in die Hand gegeben, bis der ganze Zug abgedrückt ist. Ist die Abdrücklokomotive auf dem Bergscheitel angelangt, so übernimmt sie der Lokomotivführer wieder mit Handsteuerung.

bahnhöfe zur Verarbeitung einer vermehrten Zahl von Wagen.

Denn während früher die Abdrückgeschwindigkeit dem Lokomotivführer nur durch einzelne Signale, die lediglich drei Begriffe — Langsam-Abdrücken, Mäßig-Schnell-Abdrücken und Halten — umfaßten, bekannt gegeben wurde, hat die Funksprechverständigung zwischen Bergmeister und Abdrück-Lokomotivführer schon eine beachtliche Verbesserung der mittleren Abdrückgeschwindigkeit mit 30 bis 40 % Steigerung der Zahl der zu verarbeitenden Wagen gebracht.

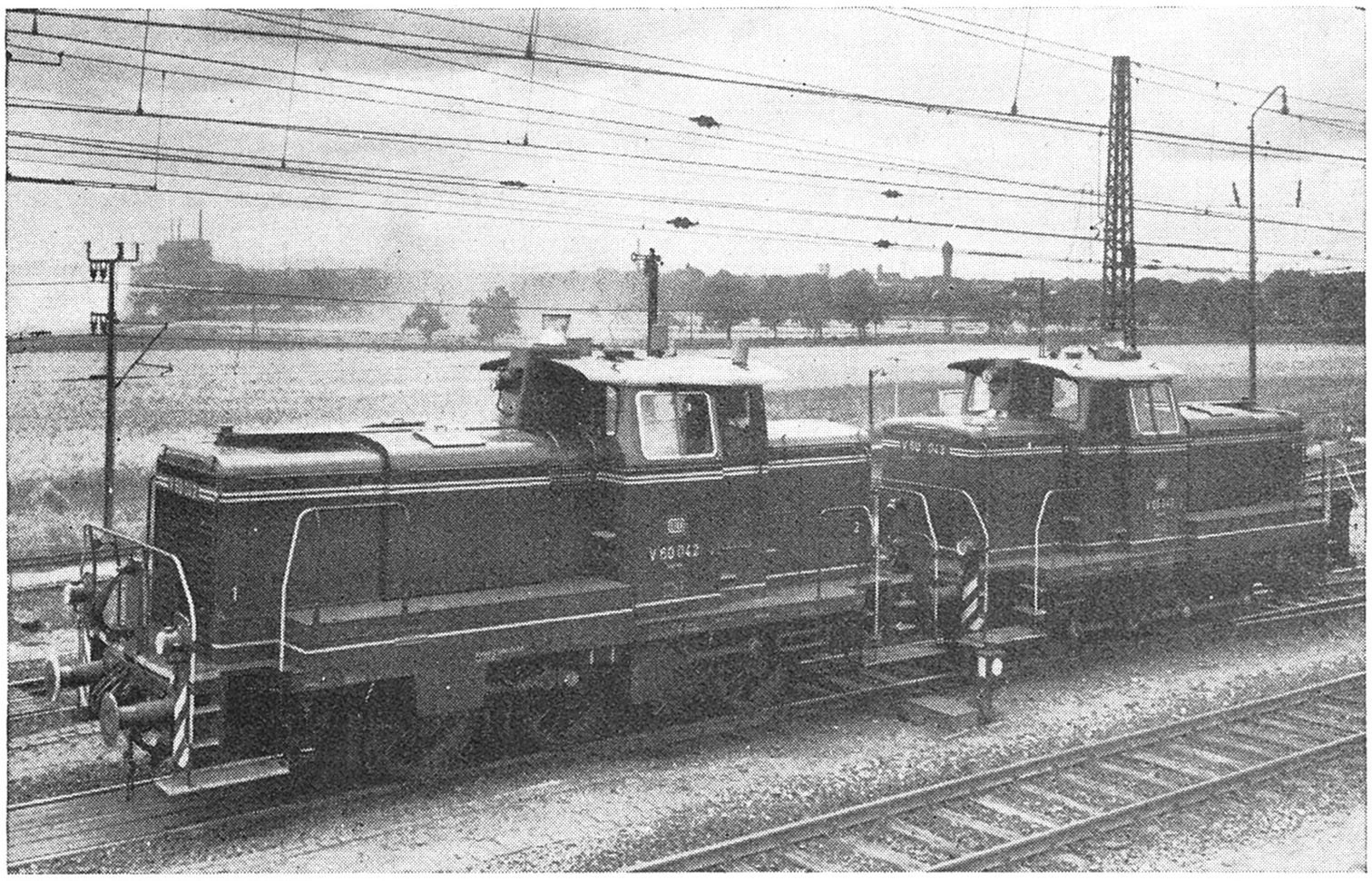
Die Versuche mit einer „Bergmeister-Funkfernsteuerung" von Abdrücklokomotiven zwecks einer schnellen Variation der Abdrückgeschwindigkeit begannen bei der DB schon 1953. Bei dem seinerzeitigen ersten System einer solchen Steuerung konnte der Bergmeister aber von seinem Steuerpult aus über die Funkverbindung nur Fahr- und Bremsstufen an der damals elektrischen Abdrücklokomotive einstellen. Im übrigen konnte er nur die Fahrtrichtung befehlen; auch erhielt er über Leuchtmelder einige Mitteilungen wie z. B. Lok funkbereit oder Lok fährt. Hierbei mußte der Bergmeister also beim Abdrücken eines Zuges genau die Lokomotivführertätigkeit ausüben, also inbesondere Zug- und Bremskräfte einstellen, konnte aber dabei die Lokomotive selbst nicht beobachten. Die über mehrere Jahre mit dieser Art von Bergmeisterfunkfernsteuerung laufenden Versuche zeigten, daß ein solches Verfahren nur eine verhältnismäßig geringe zusätzliche Steigerung der Bergleistung gegenüber den mit Funksprechverkehr vom Bergmeister beeinflußten Abdrücklokomotiven brachte. Man hätte aber selbst die nur geringe Steigerung der Abdrückleistung in Kauf genommen, weil auch damit in gewissen Fällen kostspielige Umbauten eines ganzen Rangierbahnhofes zu vermeiden waren; die mit dieser Art einer Fernsteuerung im Abdrückbetrieb bis 1957 gemachten Erfahrungen haben aber gezeigt, daß man den Bergmeister bei seinen sonstigen vielfältigen Aufgaben nicht noch mit der „Lokomotivführertätigkeit" belasten kann, mit anderen Worten, daß den Bergmeistern die Erfahrung im Einstellen von Zugkraft und im Bremsen fehlt, noch dazu, wenn sie die Lokomotive nicht selbst beobachten können.

Als 1958 von der DB erneut die Aufgabe der Funkfernsteuerung von Abdrücklokomotiven durch den Bergmeister diesmal für Diesellokomotiven aufgegriffen wurde, mußte daher die Entwicklung von einer anderen Seite her in Angriff genommen werden. Da der Bergmeister im Abdrückbetrieb die unmittelbare Aufgabe hat, die Geschwindigkeit des abzudrückenden Zuges zu regeln, erschien es am besten, fernzusteuernde Abdrücklokomotiven mit einer selbsttätigen Geschwindigkeitsregelung zu versehen und diese durch den Bergmeister über Funk beeinflussen zu lassen. Für den ferngesteuerten Abdrück-Rangierbetrieb brauchte die selbsttätige Geschwindigkeitsregelung nur für den unteren Geschwindigkeitsbereit vorhanden zu sein; sie mußte in diesem Bereich auf die normale, für den Handbetrieb durch den Lokomotivführer vorhandene Zugkraft- bzw. Bremssteuerung wirken. Für einen solchen Versuch erschien seinerzeit die diesel-hydraulische Standarddiesellokomotive V 60 besonders geeignet. Sie hat im Rangiergang eine niedrige Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h und kann daher im Anfahrbereich hohe Zugkräfte ausüben, was für eine rasche Änderung der Geschwindigkeit nach Befehl durch den Bergmeister erwünscht war; ferner besitzt sie eine kontinuierliche, luftdruckabhängie Zugkraftregelung. So war auch bei schweren Züge eine rasche Befehlsausführung beim Fahren zu erwarten; um Schleudern beim Anfahren und insbesondere Rutschen beim Bremsen möglichst hintanzuhalten, wurde beschlossen, den funkferngesteuerten Betrieb mit V 60-Doppeltraktionseinheiten, also mit doppeltem Reibungsgewicht, durchzuführen.

II. Aufbau der Anlage

Bei der von Brown, Boveri & Cie. AG., Mannheim, in Zusammenarbeit mit dem Bundesbahnzentralamt München in den Jahren 1959 bis 62 entwickelten Funkfernsteuerung mit selbsttätiger Geschwindigkeitsregelung für den Abdrückdienst am Ablaufberg kann vom Bergmeister oder Rangierleiter aus die V 60 einzeln oder als Doppeltraktionseinheit in beiden Fahrtrichtungen über Funk in 16 einstellbaren Geschwindigkeitsstufen ferngesteuert werden (Bild 1). Vier Rückmeldungen zeigen die Betriebsbereitschaft der Lokomotive für die Fernsteuerung an. Die eingestellte Geschwindigkeit wird auf der Lokomotive selbsttätig, unabhängig von der Belastung geregelt und eingehalten. Die Abdrückgeschwindigkeit eines Zuges kann mit Hilfe dieser Fernsteuerung vom Bergmeister jederzeit schnell und genau den jeweiligen Anforderungen, also der

Bild 1: Erste funkferngesteuerte V 60-Doppeltraktionseinheit der DB mit selbsttätiger Geschwindigkeitsregelung.



Länge und Richtung des jeweils ablaufenden Wagens oder der Wagengruppen, angepaßt werden. Dadurch, daß der Bergmeister für jeden Wagen oder jede einzelne Wagengruppe die günstigste Geschwindigkeit selbst direkt auf die Regelungseinrichtung der Lokomotive übertragen kann, vollzieht sich der Ablauf in kürzerer Zeit als dies mit den bisherigen Hilfsmitteln möglich war.

Die Anlage selbst (Bild 2) besteht aus dem Tonfrequenzübertragungssystem mit Hochfrequenz-(HF)-Funkgeräten und den Auswerte- und Regelungsgeräten auf der Lokomotive und auf der Bergmeisterstation. Der elektrische Teil der Anlage ist vollständig kontaktlos mit Halbleiterbauteilen der BBC-Elektronik bestückt. Neben den Übertragungsgeräten für die Aufträge und Meldungen, z. B. einzuhaltende Geschwindigkeit oder eingestellte Fahrtrichtung oder Betriebsbereitschaft, sowie neben den Geräten für die selbsttätige Geschwindigkeitsregelung mußte die Lokomotive noch mit einer selbsttätigen Überlastungsschutzeinrichtung, einem selbsttätigen Schleuderschutz, Schaltgeräten für die Wendeschaltung sowie Prüfeinrichtungen für die Überwachung der Maschinenanlagen ausgerüstet werden.

An der bestehenden pneumatischen Zugkraftsteuerung und Bremseinrichtung der Lokomotive sollte der Aufgabenstellung entsprechend nichts wesentliches geändert werden; vielmehr sollte die Funkfernsteuerung als zusätzliche Steuerungsart parallel zur Direktsteuerung über das Fahrventil aufgebaut werden, damit die Lokomotive nach Abschalten der Funkfernsteuerung und der selbsttätigen Geschwindigkeitsregelung für den normalen Rangierbetrieb in der üblichen Weise vom Lokomotivführer bedient werden kann und so auch anderweitig voll einsatzfähig bleibt. Auch die für die selbsttätige Geschwindigkeitsregelung notwendige Einrichtung zur Einwirkung auf die Lokomotivbremse, besonders auf die Zusatzbremse, ist so aufgebaut, daß nach Ausschalten die Lokomotive wie üblich bedient, also gebremst werden kann.

Da die Lokomotive — wie schon oben erwähnt — mit einer selbsttätigen Geschwindigkeitsregelung ausgerüstet werden sollte, wurde zusätzlich die Möglichkeit ihrer Steuerung über die Geschwindigkeitsregelung durch den Lokomotivführer bei Ausfall der Funkanlage und zur Prüfung der Geräte vorgesehen. Ferner sind auch bei Direktsteuerung über das Fahrventil der Schleuderschutz und der Überlastungsschutz in Betrieb und schützen die Lokomotve auch bei ihrer Handhabung durch den Lokomotivführer bei starker Belastung vor Beschädigungen.

Von den Kontrolleinrichtungen wird nur die Wendeschaltüberwachung auf die Bergmeisterstation übertragen. Im übrigen ist die Überwachung der Maschinenanlage der V 60, z. B. ihrer Kühlwassertemperatur und ihrer Getriebeöltemperatur, bekanntlich aus Gründen der Einfachheit und weil weder betrieblich noch nach der Konstruktion erforderlich nicht voll selbsttätig. Dies ist ohne Einfluß auf die Funkfernsteuerung, da auch während des Fernsteuerbetriebes die Lokomotive besetzt bleibt, und nur das Kommando über sie an den Bergmeister abgegeben wird.

Die zweite Lokomotive der funkferngesteuerten Einheit ist unbesetzt und wird von der führenden Lokomotive, die mit den Funkfernsteuerungs- und Geschwindigkeitsregeleinrichtungen ausgerüstet ist, wie bei der normalen Doppeltraktion über pneumatische Leitungen für Fahren, Wendeschalten und Bremsen usw. beeinflußt; sie benötigt lediglich, wie bei solcher Betriebsweise üblich, eine Schleuderschutzeinrichtung. Die Überwachung ihrer Maschinenanlage geschieht durch den Führer auf der führenden Lokomotive, dem — wie auch im gewöhnlichen Doppeltraktionsbetrieb — elektrisch die entsprechenden Werte gemeldet werden. Alle für Doppeltraktion bestimmten V 60 haben für die Meßgeräte Doppeleinrichtungen und die zugehörigen Leitungen usw.

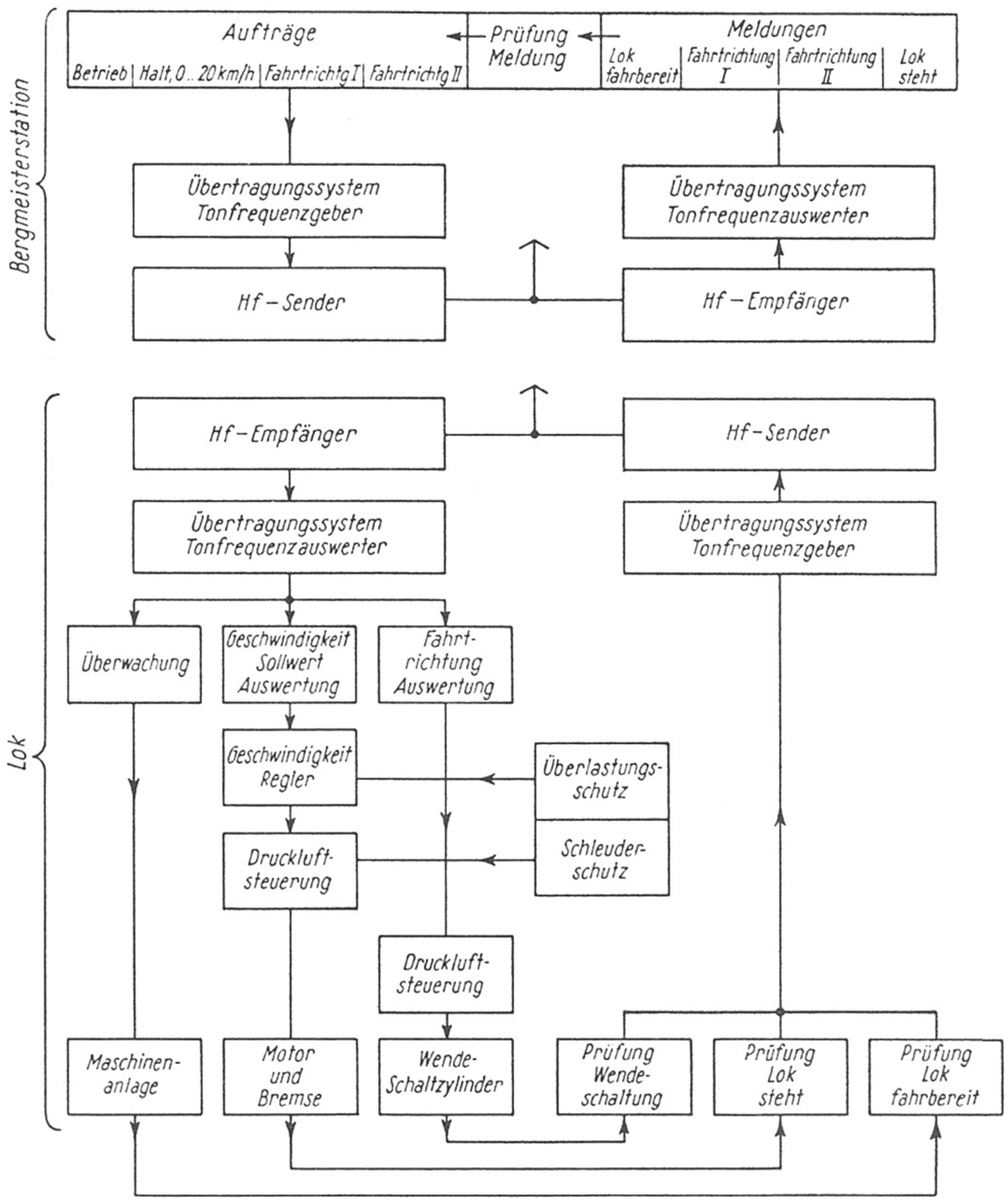


Bild 2: Prinzipschaltplan der V 60-Funkfernsteuerung.

III. Funktionsweise und Aufbau der Anlage im einzelnen

1. Übertragungssystem und Funkgeräte

Das Übertragungsssytem und die Funkgeräte haben die Aufgabe, die Aufträge der Bergmeisterstation über den Funkweg an die Auswertegeräte der Lokomotive und die Rückmeldungen von dieser zur Auswertung und Anzeige an die Bergmeisterstation zu übertragen. Für die Fernsteuerung wurde hier das Tonfrequenzmultiplexsystem und ein frequenzmodulierter Hf-Sender und -Empfänger im Gegensprechbetrieb eingesetzt.

Folgende Aufträge und Meldungen werden mit den aufgeführten Tonfrequenzen übertragen:

Aufträge:

Betrieb	960 Hz, 1210 Hz
Fahrtrichtung zum Berg	1080 Hz
Fahrtrichtung vom Berg	1370 Hz
Halt	1550, 1970, 1740 Hz
Vorstufe zum Fahren	1550, 1970, 2200 Hz

Geschwindigkeitsstufen:

3 km/h	1550, 1740, 2200 Hz
3,5	1970, 1740, 2200 Hz
4	1970, 2200, 2500 Hz
4,5	1550, 1740, 2500 Hz
5	1740, 2200, 2500 Hz
6	1970, 1740, 2500 Hz
7	1550, 1970, 2500 Hz
8	1550, 2200, 2500 Hz
9	1550, 2200, 3000 Hz
10	1550, 2200, 3000 Hz
12	1740, 2200, 3000 Hz
14	1970, 1740, 3000 Hz
16	1550, 1970, 3000 Hz
20 km/h	1550, 2200, 3000 Hz

Meldungen:

Lok fahrbereit	960, 1210 Hz
Fahrtrichtung zum Berg	1080, 1370 Hz
Fahrtrichtung vom Berg	1550, 1970 Hz
Lok steht	1740, 2200 Hz

1.1. Tonfrequenzgeber und Tonfrequenzauswerter

Die Umsetzung der Signalspannungen in Tonfrequenzen zur Übertragung durch Funk und die Umsetzung der empfangenen Tonfrequenzen in Signalspannungen über Tonfrequenzgeber und Tonfrequenzauswerter erfolgt vollständig kontaktlos mit Halbleiter-Bauteilen; die Signalspannungen sind an die Werte der Auswertegeräte angepaßt. Insgesamt können im Sprachband von 300 bis 3000 Hz zwölf Tonfrequenzen übertragen werden, wovon von der Bergmeisterstation zur Lokomotive zehn und von der Lokomotive zur Bergmeisterstation acht Tonfrequenzen benutzt werden.

1.2. Codierung und Decodierung

Um mit den gegebenen Übertragungsmöglichkeiten mehr Aufträge übertragen zu können und eine größere Übertragungssicherheit zu erreichen, wurde ein Teil der Aufträge codiert. Für die Übertragung der Geschwindigkeitsaufträge wurde ein Code $\binom{6}{3}$ gewählt, bei dem zu einem Auftrag drei von sechs Tonfrequenzen gehören; damit können

$$\frac{6!}{3!\,(6-3)!} = \frac{1\cdot2\cdot3\cdot4\cdot5\cdot6}{1\cdot2\cdot3\cdot1\cdot2\cdot3} = 20 \text{ Aufträge}$$

übertragen werden.

Da gleichzeitig für jede Geschwindigkeit drei Tonfrequenzen zu übertragen sind, wird der Funkweg gegen Störungen gut abgeschirmt.

Die Tonfrequenzen werden der Einfachheit halber bereits im Stufenschalter codiert, der dazu mit drei Schalterebenen ausgeführt wurde. Es sind also statt 20 nur 6 Leitungen vom Bediengerät zu den Auswertegeräten erforderlich. Die Decodierung auf der Lokomotive erfolgt aus den 6 Signalen der Tonfrequenzauswerter in einem Diodengatter, an dessen Ausgang für jede Sollgeschwindigkeit ein Signal ansteht. Eine Überwachungseinrichtung prüft gleichzeitig, daß nur drei aus sechs Tonfrequenzen für Fahrgeschwindigkeit empfangen werden, nicht mehr und nicht weniger.

1.3 Überwachungseinrichtungen

Zur sicheren Funkübertragung werden die übrigen Aufträge und Meldungen zum Teil mit jeweils zwei Tonfrequenzen gesendet und der richtige Empfang überprüft:

Der Auftrag „Betrieb" wird mit zwei Tonfrequenzen übertragen und geprüft, ob beide Tonfrequenzen empfangen werden.

Die Aufträge „Fahrtrichtung zum Berg" und „Fahrtrichtung vom Berg" werden mit je einer Tonfrequenz übertragen und geprüft, ob nur eine von beiden empfangen wird.

Die Meldungen „Lok fahrbereit", „Fahrtrichtung zum Berg", „Fahrtrichtung vom Berg", „Lok steht" werden mit je zwei Tonfrequenzen übertragen und überprüft, ob jeweils beide Tonfrequenzen empfangen werden.

1.4 Funkgeräte

Zur Übertragung der Tonfrequenzen auf die Lokomotive und von ihr zurück an die Bergmeisterstation ist ein Hf-Sender und -Empfänger mit Gegensprechbetrieb im 4 m-Band eingesetzt. Die Tonfrequenzen der Tonfrequenzgeber sind auf den Niederfrequenz-(NF)-Eingang des Senders geschaltet und die demodulierte Tonfrequenz des NF-Ausgangs des Empfängers auf den Eingang der Tonfrequenzauswerter.

Für die Sprechfunkverbindung während der Fernsteuerung sind Wechselsprechgeräte im 2 m-Band bei der Bergmeisterstation und auf der Lokomotive eingebaut. Für den Rangiersprechfunk außerhalb der Fernsteuerung ist die Lokomotive mit der normalen Sprechfunkanlage im 4 m-Band ausgerüstet. Da sich die Fernsteuer-Funkgeräte und die Sprechfunkgeräte für Rangierfunk im gleichen Frequenzband beeinflussen würden, werden die beiden Sender selbsttätig gleichzeitig mit der Umschaltung von Direktsteuerung auf Fernsteuerung umgeschaltet.

2. Auswertegeräte auf der Lokomotive

Die Auswertegeräte haben die vom Übertragungssystem ausgegebenen Aufträge zur Steuerung und Regelung der Maschine auszuwerten und die Rückmeldungen über die erfolgten Schaltvorgänge an das Übertragungssystem auszugeben. Zu den Auswertegeräten gehören die folgenden Baugruppen:

2.1. Geschwindigkeitsregelung

Die Geschwindigkeitsregelung stellt den Hauptteil der Funkfernsteuerung dar, da ohne eine selbsttätige Regelung der Motorleistung und des Bremsdruckes entsprechend der vorgegebenen Sollgeschwindigkeit eine Fernsteuerung auf dem Ablaufberg nicht durchführbar ist. Die Regelgeräte bestehen aus einem geschlossenen Regelkreis mit folgenden Bauteilen (Bild 3):

Geschwindigkeitsgeber, an einer Getriebewelle angeflanscht, zur Vorgabe der Ist-Geschwindigkeit der Lokomotive;

Sollwertgeber zur Vorgabe der Sollgeschwindigkeit an den Regler;

Soll-Ist-Wertvergleich zur Differenzbildung zwischen Sollgeschwindigkeit und Istgeschwindigkeit;

PID-Regler (s. 2.1.1.) mit einem der gesamten Regelstrecke angepaßten Zeitverhalten;

Drei-Punkt-Logik zur Umsetzung der analogen Ausgangsgrößen des Reglers in digitale Werte zur Ansteuerung der Schaltstufen;

Schaltstufen zur kontaktlosen Schaltung der Magnetventile; Magnetventile zur Einspeisung des Steuerluftdruckes in die vorhandenen Steuerleitungen zum Motorregler und des Bremsdruckes in die Leitung zu den Bremszylindern. Dieselmotor, hydraulisches Getriebe, Wendegetriebe und Antriebsachse schließen den Regelkreis.

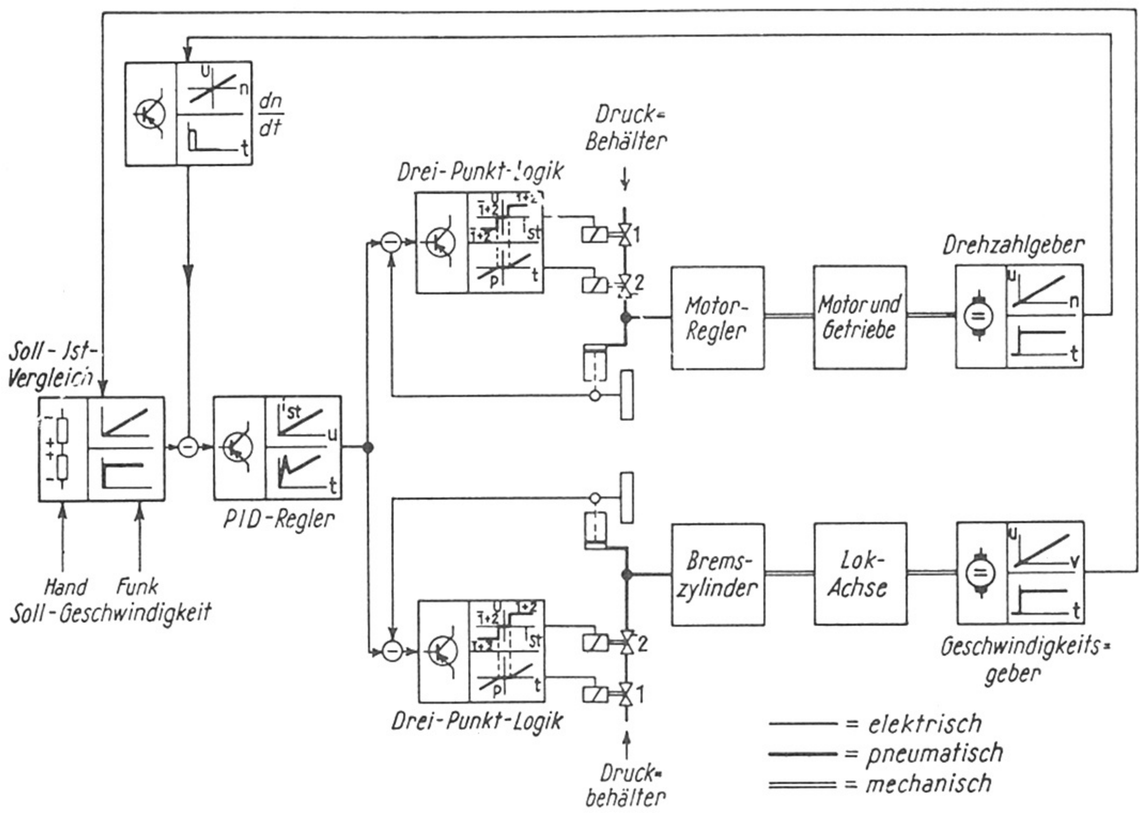


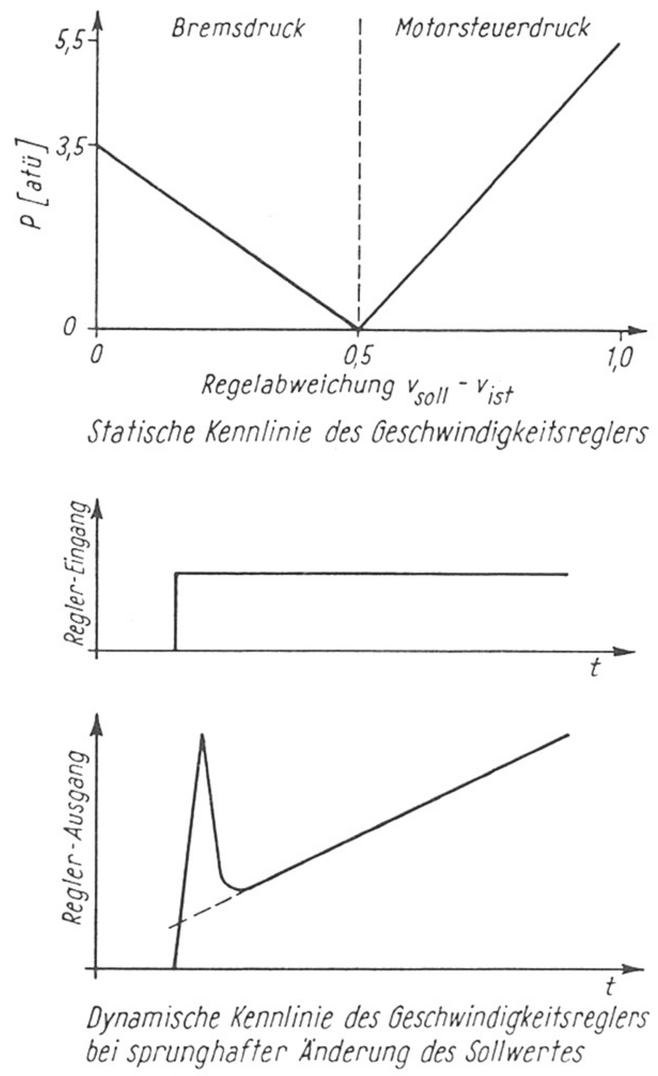
Bild 3: Prinzipschaltplan der selbsttätigen Geschwindigkeitsregelung.

2.1.1. PID-Regler

Um ein günstiges Verhalten der Lokomotive bei der regeltechnisch schwierigen Folgeregelung über einen großen Geschwindigkeits- und Belastungsbereich zu erreichen, wurde ein PID-Regler mit einem *p*roportionalen, *i*ntegrierenden und *d*ifferenzierenden Zeitverhalten eingesetzt. Das Zeitverhalten der Regelstrecke für die Geschwindigkeitsregelung, bestehend aus den Steuer- und Kraftübertragungseinrichtungen auf der Lokomotive, ist durch lange Totzeiten und Stellzeiten gekennzeichnet, die in den einzelnen Belastungs- und Arbeitsbereichen der Maschinenanlage sich sehr stark ändern. Diese langen und veränderlichen Zeitkonstanten wirken sich sehr ungünstig auf die Regelgeschwindigkeit und Regelgenauigkeit aus. Deshalb wurden nach langwierigen und schwierigen Messungen auf der Lokomotive die Zeitkonstanten des Reglers so gewählt, daß nach einer Sollwertänderung ein geringes Überschwingen der Geschwindigkeit auftritt. Damit wird die geforderte Geschwindigkeit schneller erreicht, als dies bei einem langsamen aperiodischen Einlaufen auf diese Geschwindigkeit ohne Überschwingungen möglich wäre. Eine differenzierende Rückführung der Motordrehzahl unterstützt stabilisierend die Regeleinrichtung (Bild 4). Für negative Sollwertänderungen der Geschwindigkeit wurde für die Bremse ein zweiter Regler gewählt, der dem Regler für die Motorleistung parallel geschaltet ist, dessen Reglerkonstanten jedoch der Bremsanlage der Lokomotive besonders angepaßt wurden. Beide Regler sind als Transistorgegentaktverstärker mit einstellbarer Rückführung in steckbarer Printbauweise ausgeführt.

2.1.2. Drei-Punkt-Logik für Druckluftregelung

Die elektronischen Ausgangsspannungen des Geschwindigkeitsreglers sollen in den Steuerluftdruck und Bremsdruck der bestehenden Steuerungsanlage mit kleiner Zeitverzögerung umgesetzt werden. Diese Aufgabe wurde mit einer Druckluftregelung mit Drei-Punkt-Logik gelöst (Bild 5). Die Druckluft wird über jeweils zwei Magnetventile, ein Ventil zur Druckerhöhung und ein Ventil zur Druckverminderung geregelt. Der Luftdruck wird über einen Druckgeber mit elektrischer Ausgangsgröße gemessen. Die digitale Ansteuerung der Magnet-



Statische Kennlinie des Geschwindigkeitsreglers

Dynamische Kennlinie des Geschwindigkeitsreglers bei sprunghafter Änderung des Sollwertes

Bild 4: Kennlinien des PID-Geschwindigkeitsreglers.

ventile erfolgt entsprechend der Differenz zwischen Ausgangsspannung des Geschwindigkeitsreglers und Spannung des Druckgebers über je einen Summierverstärker mit digitalem Ausgang und über eine kontaktlose Schaltstufe. Zur Anpassung der Meßstrecke an die Druckluftleitungen der Regelstrecke ist die Spannung des Druckgebers über ein Zeitglied an die Verstärkerstufe angeschlossen (nachgiebige Rückführung). Durch eine Vorspannung an einem Summierverstärker sind im Beharrungszustand drei stabile Schaltstellungen möglich:

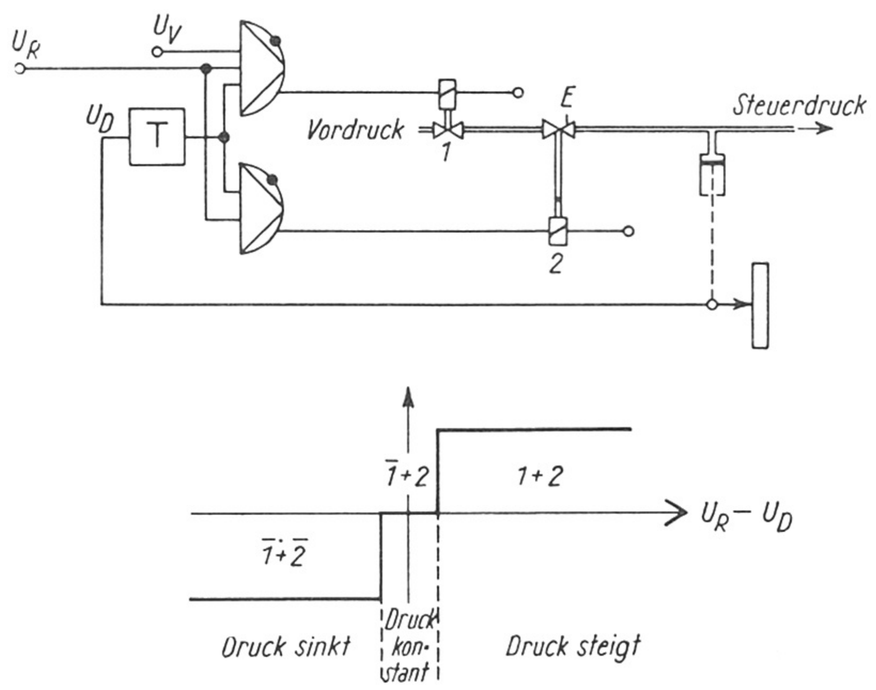


Bild 5: Prinzipschaltplan der Drei-Punkt-Logik für die Druckluftregelung.

Ventil 1 + 2 entregt = Druck wird vermindert;
Ventil 1 entregt, Ventil 2 erregt = Druck bleibt konstant;
Ventil 1 + 2 erregt = Druck wird erhöht.
Der Bremsdruck wird in ähnlicher Weise geregelt.

2.1.3. Druckluftgeräte

Zur Regelung des Steuerluftdruckes und des Bremsdruckes sind hilfsgesteuerte Magnetventile verwendet,

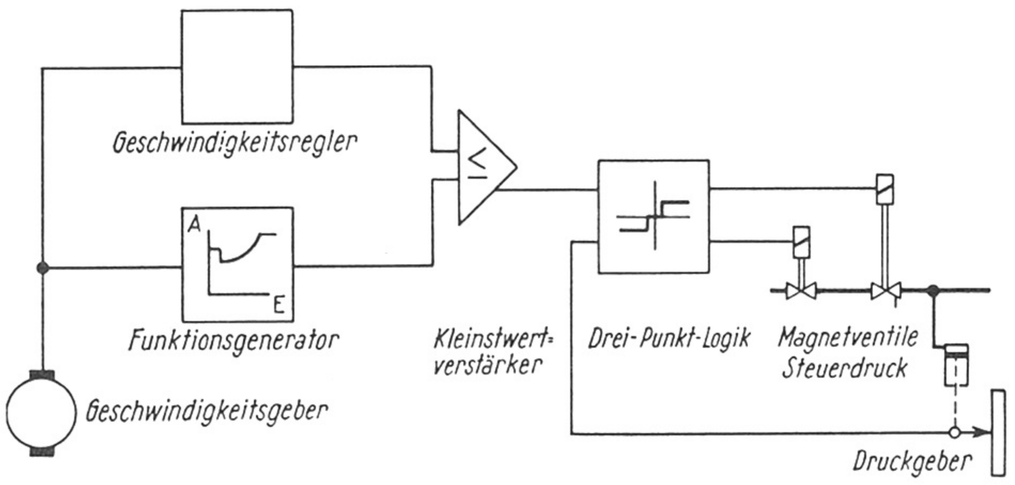


Bild 6: Prinzipschaltplan des Überlastungsschutzes für V 60 mit Funkfernsteuerung und selbsttätiger Geschwindigkeitregelung.

da diese kleiner konstruiert werden konnten als direkt gesteuerte. Die Druckluftleitungen sind parallel zum Fahrventil an die Steuerluftleitungen angeschlossen und parallel zum Bremsventil über ein Doppelrückschlagventil an die Leitung der Bremszylinder.

Große Anforderungen mußten an die Schalthäufigkeit der Magnetventile gestellt werden, die mit 300 Schaltungen/min von den eingebauten Geräten erfüllt werden. Die Druckgeber sind mit einem hochwertigen, in Öl gelagerten Meßwerk ausgerüstet. Das Meßsystem entspricht in der Funktionsweise einem Manometer, dessen Zeiger auf einem Potentiometer eine Gleichspannung abgreift.

2.2. Überlastungsschutz

Um die Lokomotive bei schweren Anhängelasten im unteren Geschwindigkeitsbereich vor Überlastung zu schützen, mußte der Steuerdruck abhängig von der Geschwindigkeit begrenzt werden. Der Geschwindigkeitsregler selbst würde bei schweren Anhängelasten den Steuerdruck so lange erhöhen, als noch die Sollgeschwindigkeit größer als die Istgeschwindigkeit ist. Dabei würde bei jeder Anfahrt heftiges Schleudern der Räder auftreten. Deshalb wurde die Ausgangsspannung des Reglers durch einen Funktionsgeber geschwindigkeitsabhängig so begrenzt, daß die Zugkraft der Lokomotive während der Anfahrt entlang einer einstellbaren Reibungskurve begrenzt wird (Bild 6). Um den Losbrechwiderstand bei schweren Zügen sicher zu überwinden, wird die Zugkraft bis zu einer Geschwindigkeit von 2 km/h auf einen etwas höheren Wert begrenzt, als im übrigen Geschwindigkeitsbereich. Der Steuerdruck wird wie bei der Geschwindigkeitsregelung über zwei Magnetenventile beeinflußt; die Magnetventile werden über dieselbe Drei-Punkt-Logik, parallel zum Reglerausgang, angesteuert. Die Überlastungsschutzeinrichtung ist sowohl bei Fernsteuerung und Reglersteuerung, als auch bei Direktsteuerung für das Fahrventil betriebsfähig.

2.3. Schleuderschutz

Läßt sich ein Schleudervorgang nicht über die Drehzahlen zweier unabhängig voneinander angetriebenen oder zumindestens unabhängig voneinander laufenden Achsen bzw. Räder erfassen, so kann dies nur durch Messen der Beschleunigung der Antriebsachsen geschehen. Die Veränderung der Geschwindigkeit wird durch die Spannungsänderung eines Gleichspannungstachometers festgestellt. Die eigentliche Meßeinrichtung besteht aus einem Differenzierglied mit Gleichspannungsverstärker; sie spricht an, sobald die Beschleunigung über den Höchstwert hinauswächst, der bei größtmöglicher Motorleistung, alleinfahrender Lokomotive und guten Reibungsverhältnissen ohne Schleudern vorkommt. Störspannungen und Oberwellen des Gleichspannungsdrehzahlgebers werden mit Hilfe eines Integriergliedes unterdrückt. Nach Ansprechen der Schleuderschutzeinrichtung wird ein einstellbarer Signalblocker angesteuert, von dem wiederum über eine kontaktlose Schaltstufe ein Magnetventil betätigt wird; dieses entlüftet die Steuerdruckleitung des Motorreglers. Die Entlüftungszeit ist am Signalblocker einstellbar. Nach Ablauf dieser Zeit wird der Steuerdruck wieder für den vorgegebenen Wert freigegeben.

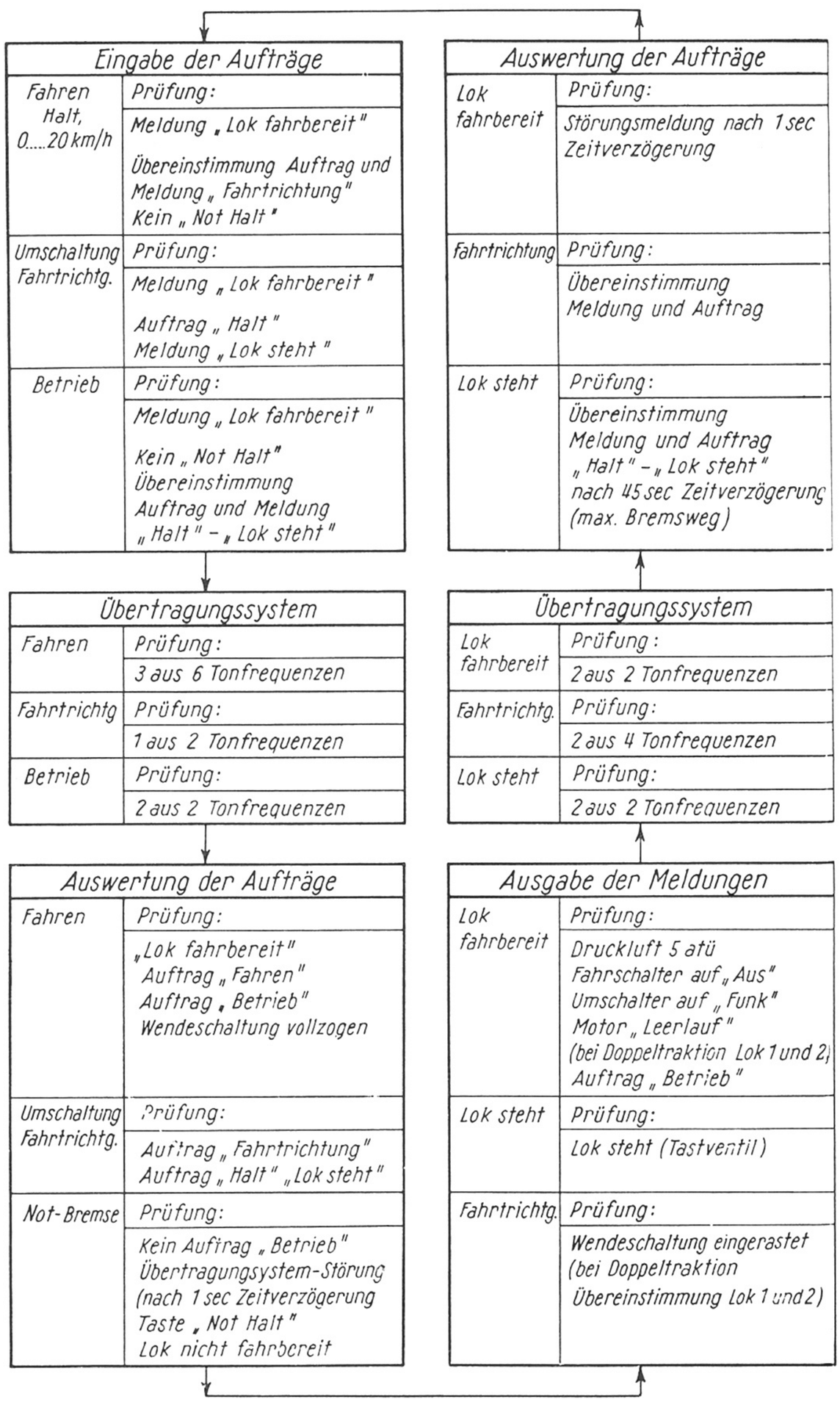


Bild 7: Überwachungseinrichtungen der V 60-Funkfernsteuerung.

Bei der auf der Diesellokomotive V 60 042 eingebauten Anlage wurde der Ansprechwert der Einrichtung für die Beschleunigung auf ungefähr 1,5 m/s² am Radumfang eingestellt, während bei der maximal möglichen Beschleunigung der Lokomotive ohne Schleudern von ungefähr 1 m/s² die Einrichtung nicht anspricht.

2.4. Wendeschaltung

Der Bergmeister kann mit der Funkfernsteuerung auch die Wendeschaltung betätigen. Sie wird bei entsprechendem Auftrag über je ein Magnetventil in der Steuerluftleitung des Wendeschaltzylinders vollzogen. Bei der Umschaltung des Wendegetriebes werden von den Auswertegeräten die ähnlichen Prüfungen wie bei der Umschaltung über das Fahrventil bei Handsteuerung durchgeführt. Es wird vor der Umschaltung über das Tastventil der Stillstand der Lokomotive überprüft und über den Geschwindigkeitsstufenschalter geprüft, ob der Auftrag „Halt" gegeben wird und das hydraulische Getriebe entleert ist. Während des Umschaltens bei Fernsteuerung wird zur sicheren Einrastung des Wendegetriebes auch bei Zahn-auf-Zahnstellung der Getrieberäder die Getriebe*teil*füllung eingeschaltet; nach Beendigung des Umschaltvorganges wird sie wieder ausgeschaltet. Die vollzogene und eingerastete Wendeschaltung wird über eine Druckluftleitung, ähnlich wie bei der Umschaltung über das Fahrventil, geprüft und die eingeschaltete Fahrtrichtung über die vorhandenen Kontakte der Leuchtmelder für Fahrtrichtung festgestellt; bei Doppeltraktion wird weiterhin die Übereinstimmung der Fahrtrichtungen der beiden Lokomotiven geprüft. Erst nach richtig vollzogener Wendeschaltung kann ein Fahrauftrag an die Maschinenanlage gegeben werden.

2.5. Überwachung der Maschinenanlage

Neben den bereits erwähnten Prüfungen des Stillstandes der Lokomotive und der Wendeschaltung werden zur Ausgabe der Meldung „Lok fahrbereit" folgende Punkte selbsttätig geprüft (Bild 7):

Der Dieselmotor — bei Doppeltraktion in jeder Lokomotive — muß mit Leerlaufdrehzahl laufen;

der Betriebsdruck der Luftversorgung für die Steuerung muß mindestens 5 atü sein; der Bremsdruck in der Leitung der Zusatzbremse muß beim Einschalten mindestens 3,4 atü sein;

das Handrad des Fahrventiles (für Direkt-Steuerung durch den Lokomotivführer) muß — mit abgezogenem Schlüssel — auf Abschlußstellung stehen;

der Umschalter für die Steuerungsart muß auf Stellung „Funk" stehen.

Zur Ausgabe der Meldung „Fahrtrichtung zum Berg" oder „Fahrtrichtung vom Berg" wird geprüft, ob die Fahrtrichtung eingerastet ist und bei Doppeltraktion in beiden Lokomotiven übereinstimmt.

Zur Ausgabe der Meldung „Lok steht" wird mit Druckluft über das Tastventil der Stillstand der Lokomotive geprüft. Dies wird notfalls mehrmals wiederholt, wenn bei sehr langsamem Ausrollen der Lokomotive das Tastventil beim ersten Druckstoß nochmals abknickt. Nach dreimaligen vergeblichen Prüfversuchen wird selbsttätig die Notbremse betätigt. Diese Einrichtung wirkt auch als Sicherung gegen einen Drahtbruch in der Leitung des Geschwindigkeitsgebers.

Die Aufträge zum Fahren mit vorgegebener Sollgeschwindigkeit werden ausgewertet, wenn folgende Prüfungen vollzogen sind:
Lok ist fahrbereit;
der Auftrag „Betrieb" wird empfangen;
die Wendeschaltung ist ordnungsgemäß ausgeführt;
nur ein Geschwindigkeitssollwert wird empfangen.

Der Auftrag zur Umschaltung der Wendeschaltung wird nur ausgewertet, wenn
die Lokomotive steht und
der Auftrag „Halt" gegeben wird.

Die Notbremse wird immer dann betätigt, wenn:
kein Auftrag „Betrieb" empfangen wird;
das Übertragungssystem „Störung" meldet;
die Lokomotive nicht fahrbereit meldet;
die Taste Not-Halt betätigt wird;
die Stromversorgung ausfällt.

Die Sicherheitsfahrschaltung (Sifa) wird bei Fernsteuerung nicht ausgeschaltet, sondern auch während des Abdrückens vom Lokomotivführer betätigt.

Bei Betrieb der Funkfernsteuerung braucht der Lokomotovführer nicht in die Steuerung der Lokomotive einzugreifen. Er kann jedoch im Notfall jederzeit die Funksteuerung abschalten, wobei die Lokomotive selbsttätig zum Stillstand abbremst. Außerdem können jederzeit die Zusatzbremse und das Führerbremsventil betätigt werden.

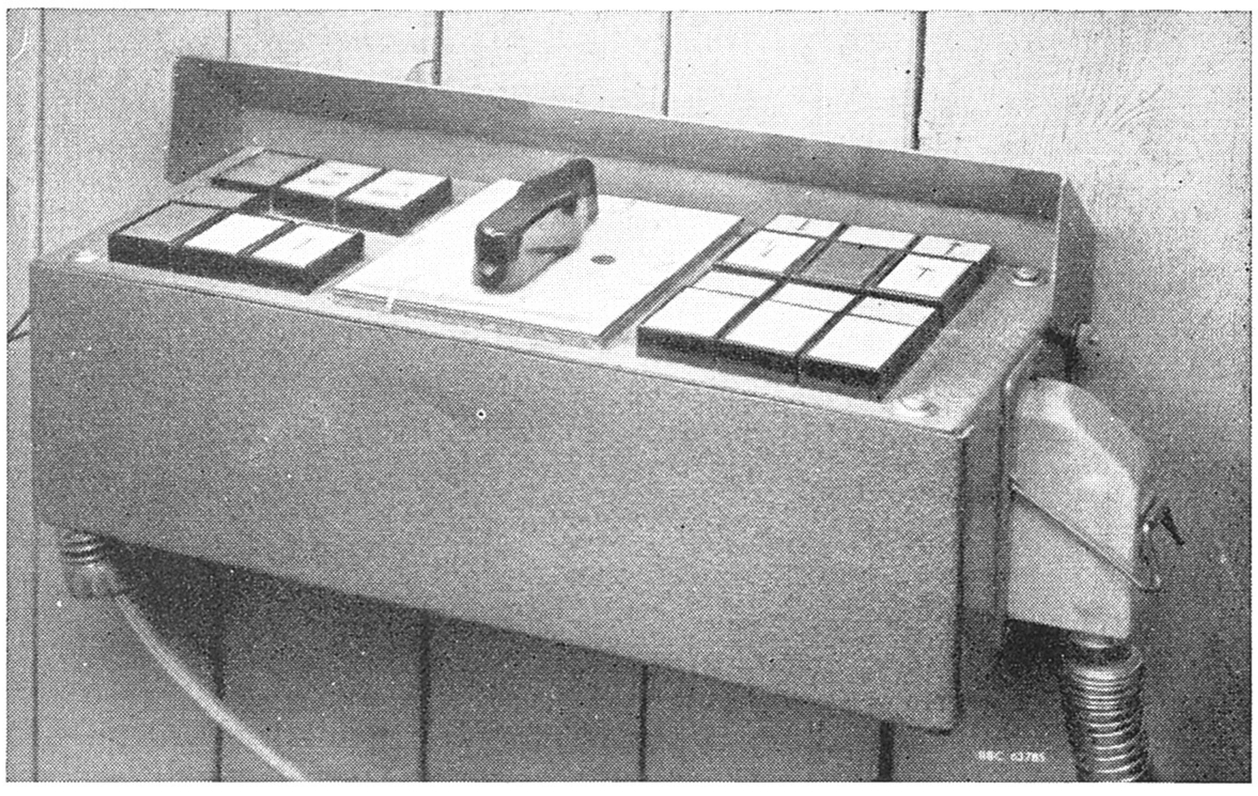
3. Auswertegeräte auf der Bergmeisterstation

3.1. Bediengerät

Während des Abdrückens wird die Lokomotive vom Bergmeister oder Rangierleiter über das Bediengerät gesteuert (Bild 8). Es wurde aus Platzgründen möglichst klein konstruiert und enthält nur Drucktasten, Signallampen und den Geschwindigkeits-Stufenschalter; an die Auswertegeräte wird es über eine Steckkupplung angeschlossen.

Der Stufenschalter gibt die erforderlichen Sollgeschwindigkeiten an das Auswertegerät der Lokomotive.

Bild 8: Bediengerät für V 60 mit Funkfernsteuerung und selbsttätiger Geschwindigkeitsregelung.



Dabei können außer den Stellungen „Halt“ und „Vorstufe zum Fahren“ folgende Geschwindigkeiten vorgeschrieben werden:

3 km/h; 3,5; 4; 4,5; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 12; 14; 16; 20 km/h.

Der Rangierleiter kann damit statt über Sprechfunk oder statt mit Abdrücksignalen durch Betätigung des Stufenschalters direkt und verzögerungsfrei die erforderliche Abdrückgeschwindigkeit einstellen.

Zur Aufnahme des Fernsteuerbetriebes muß die Fertigmeldung der Lokomotive abgewartet werden, die auf einer Signallampe am Bediengerät erscheint; dann kann durch Drücken der Taste „Betrieb“ die Lokomotive vom Rangierleiter übernommen werden. Dabei leuchten folgende Signallampen:

„Lok steht“, „Lok fahrbereit“, „Betrieb“ und „Fahrtrichtung zum Berg“.

Zur Umschaltung der Fahrtrichtung enthält das Bediengerät zwei Drucktasten und eine Zusatztaste. Die gewünschte Fahrtrichtungstaste und die Zusatztaste müssen gleichzeitig bei Stellung des Geschwindigkeits-Stufenschalters auf „Halt“ kurz gedrückt werden, um die Wendeschaltung auf der Lokomotive einzuleiten und zu speichern. Die Ausführung der Schaltung wird auf den entsprechenden Signallampen zurückgemeldet.

3.2. Auswertegeräte

Die vom Übertragungssystem ausgegebenen Meldungen und die an das Übertragungssystem eingegebenen Aufträge werden durch die Auswertegeräte auf der Bergmeisterstation überprüft.

Der Auftrag zum Fahren mit einer bestimmten Sollgeschwindigkeit wird nur dann an das Übertragungssystem weitergegeben, wenn
die Meldung „Lok fahrbereit“ ansteht,
die Rückmeldung der Fahrtrichtung mit dem Auftrag der Fahrtrichtung übereinstimmt und
die Taste „Not Halt“ nicht betätigt wurde.

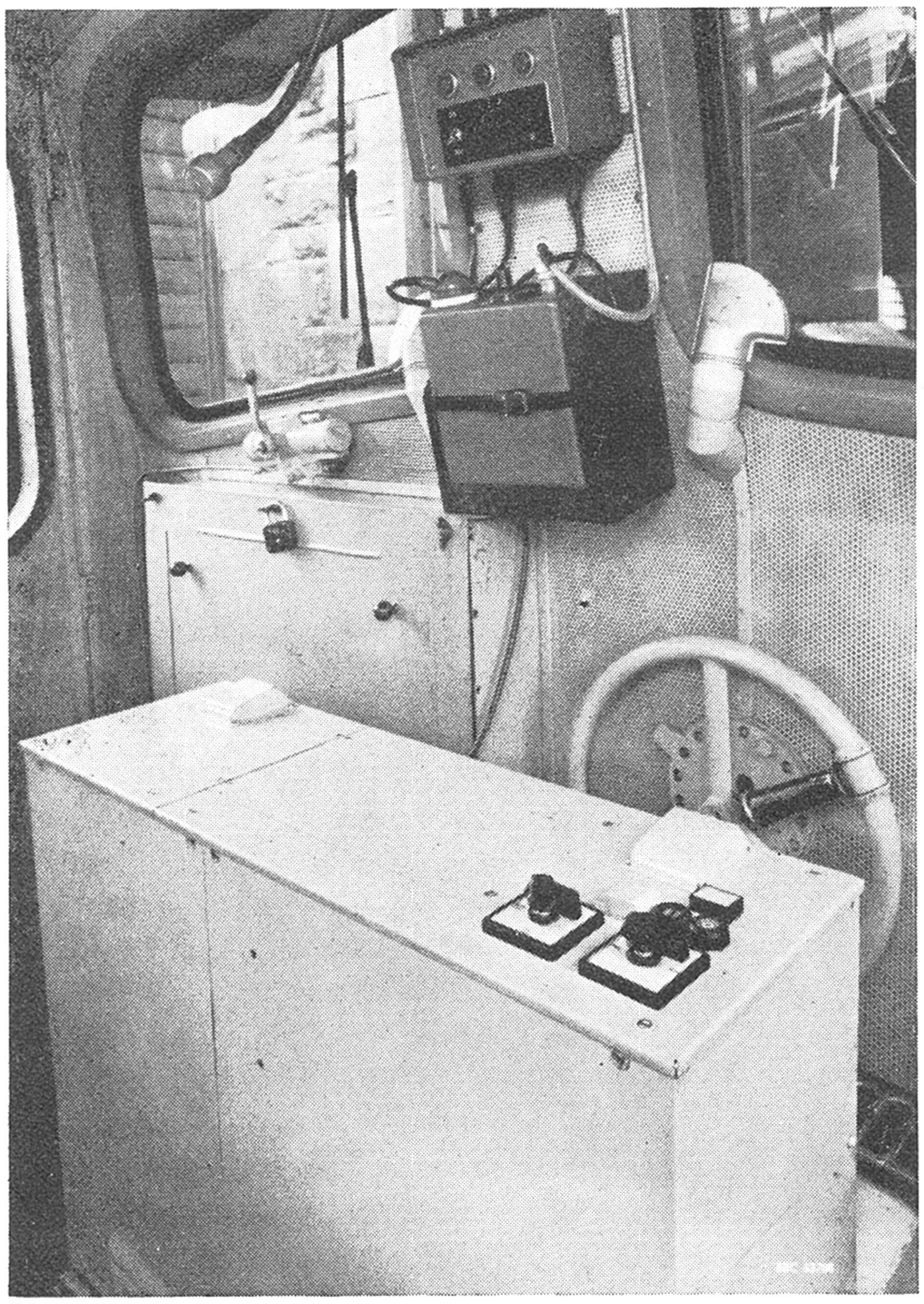
Der Auftrag zur Umschaltung der Fahrtrichtung wird nur weitergegeben, wenn
der Geschwindigkeitsstufenschalter auf „Halt“ steht und
die Meldung „Lok fahrbereit“ und „Lok steht“ empfangen wird.

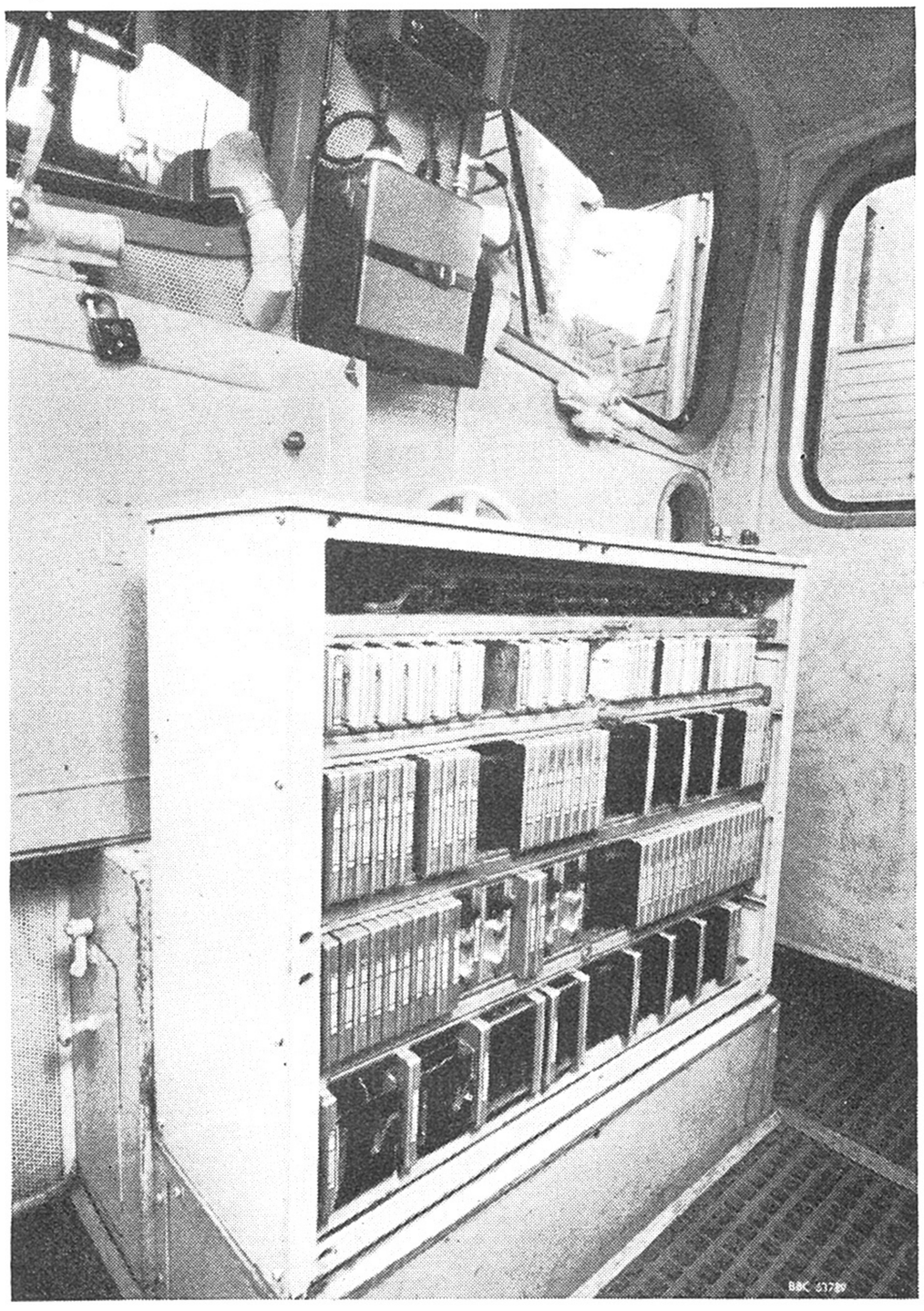
Der Auftrag „Betrieb“ wird nur dann weitergegeben, wenn
die Meldung „Lok fahrbereit“ ansteht,
der Auftrag „Halt“ mit der Meldung „Lok steht“ übereinstimmt oder
der Auftrag „Fahren“ mit der Meldung „Lok steht nicht“ nach einer Zeitverzögerung für die maximale Bremszeit übereinstimmt.

Die Meldung „Lok fahrbereit“ ist mit dem Auftrag „Betrieb“ bei der Bergmeisterstation und auf der Lokomotive zu einem Kreis geschlossen. Ein Fehlen dieser Meldung hat sofortiges Anhalten der Lokomotive zur Folge. Kurzzeitige Störungen oder Unterbrechungen im Funkübertragungsteil führen durch eine Verzögerung in diesem Überwachungskreis nicht zum Abschalten.

Die Rückmeldung der Fahrtrichtung wird auf Übereinstimmung mit dem Auftrag überprüft. Dabei wird für die Meldung „Lok steht“ gemäß dem Auftrag

Bild 9: Fernsteuer-Geräteschrank auf der Lokomotive; links geschlossen, rechts in geöffnetem Zustand, der die Printbauweise erkennen läßt. Über dem Schrank die Funksprecheinrichtung normaler Bauart.





„Halt“ die maximale Bremszeit aus höchster Geschwindigkeit mit größter Anhängelast mit einer Zeitverzögerung von 45 sec berücksichtigt. Die Zeit wird durch ein elektronisches Zählwerk gemessen.

4. Aufbau und Anordnung der Geräte auf der Lokomotive und beim Bergmeister

Der Einbau der Geräte für die Fernsteuerung in die bereits gut ausgenützte Lokomotive stieß auf einige Schwierigkeiten, da die weitere Steuerungsart keine größeren Änderungen an der bestehenden Grundausrüstung verursachen sollte.

Die Lokomotive mußte zusätzlich folgende größere Gerätegruppen erhalten:

einen Fernsteuergeräteschrank,
ein Druckluftgerüst,
zwei Bediengeräte,
einen Hf-Sender und -Empfänger für Fernsteuerung,
einen Hf-Sender und -Empfänger für Sprechfunk.

Die Bergmeisterstation besteht aus folgenden Baugruppen:

ein Bediengerät,
ein Fernsteuergeräteschrank für Auswertegeräte,
ein Fernsteuergeräteschrank für Übertragungsgeräte,
zwei Hf-Sender und -Empfänger.

4.1. Fernsteuergeräteschränke

Die Fernsteuergeräteschränke enthalten die Rechen- und Regelgeräte für die Auswertung und das Tonfrequenzübertragungssystem mit Überwachungen.

Die Geräte sind in Printbauweise ausgeführt, mit Halbleiter-Bauelementen auf einer gedruckten Schaltung bestückt und vergossen. Die einzelnen Prints sind steckbar in Etagen zusammengefaßt und werden rüttelsicher gehalten.

Auf der Lokomotive ist der Geräteschrank in acht Etagen mit je 24 Printteilungen ausgeführt (Bild 9). In ihm sind die Auswertegeräte und die Geräte des Übertragungssystems aus Platzgründen gemeinsam untergebracht, aber getrennt zugänglich; die Verbindung zwischen Übertragungssystem und Auswertegeräten ist über einen Vielfachstecker mit Meßbuchsen auftrennbar hergestellt. Der Schrank wurde an der Stelle der Sitzbank im rückwärtigen Teil des Führerhauses angeordnet. Die elektrischen Leitungen sind über Vielfachstecker angeschlossen, um bei der Vielzahl von Leistungen einen einfachen Ein- und Ausbau zu ermöglichen. Auf der Oberseite des Schrankes befinden sich die Schalter für die Umschaltung der Steuerungsarten und die Tasten zum Ein- und Ausschalten der Anlage.

In der Bergmeisterstation sind die Auswertegeräte und die Geräte des Übertragungssystems getrennt in zwei Schränken in ähnlicher Weise wie auf der Lokomotive mit je vier Etagen zu 24 Printteilungen eingebaut.

4.2. Druckluftgerüst

Die Geräte für die Druckluftsteuerung sind auf einem Gerüst zusammengefaßt und unter dem Führertisch des Führerstandes eingebaut (Bild 10). Das Gerüst wurde mit seiner Befestigung und seinen Anschlüssen für Druckluft und elektrische Signale so konstruiert, daß es

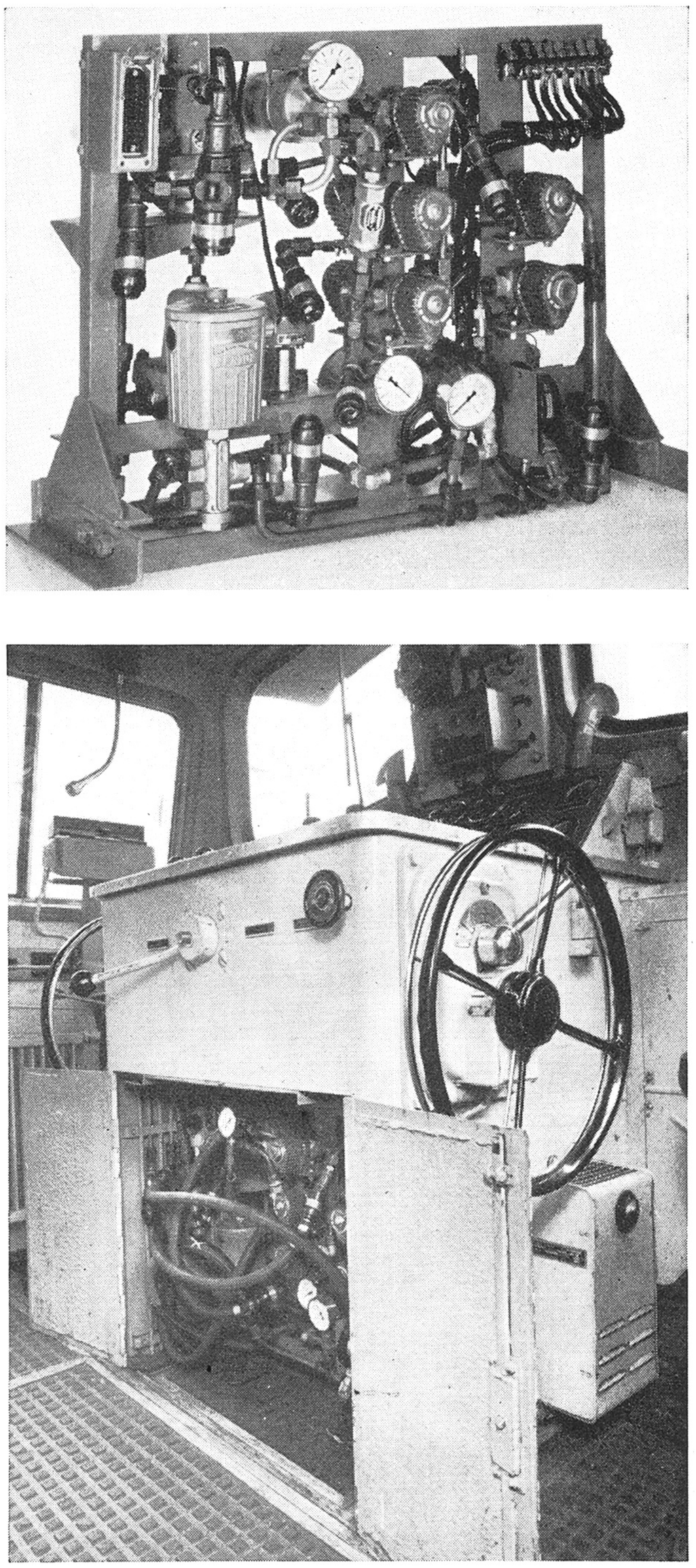
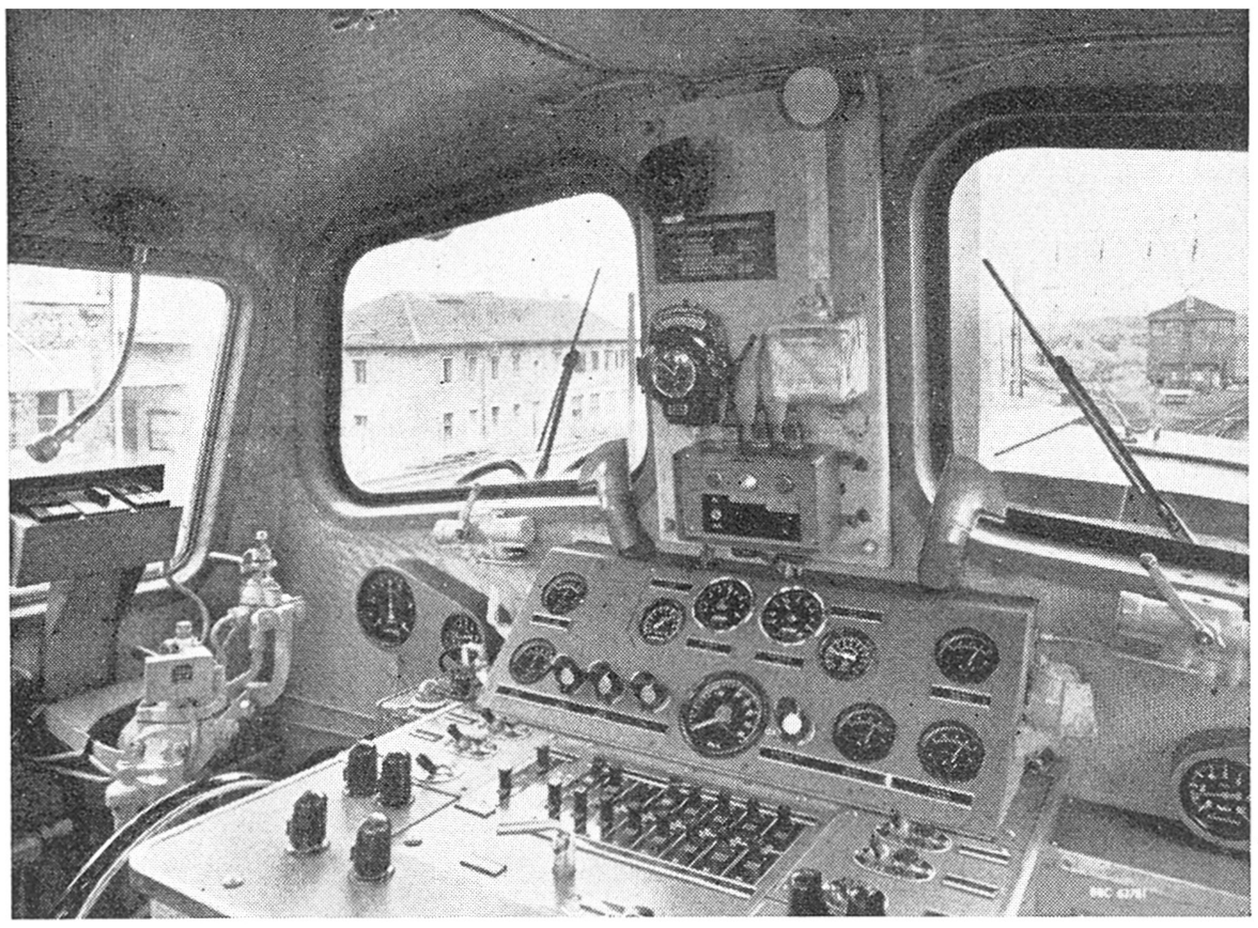


Bild 10: Das Druckluftgerüst der funkferngesteuerten V 60, oben, und der Einbau dieser Geräte im Führertisch, unten.

jederzeit in einfacher Weise ein- und ausgebaut werden kann, da die hinter dem Druckluftgerüst befindlichen weiteren Geräte der Grundausrüstung der Lokomotive zur Wartung zugänglich sein müssen. Auf dem Gerüst sind die Magnetventile für die Motorsteuerung, Bremse, Wendeschaltung und Stillstandprüfung angeordnet, die Druckwächter für die Prüfung des Luftdruckes, der Wendeschaltung, des Stillstandes der Lokomotive und des Bremsdruckes, die Druckgeber für die Regelung der Motorleistung und Bremse und die Druckminderventile für den Zuluftdruck. Die Luftleitungen sind über selbstschließende Druckluftkupplungen mit Bajonettverschluß, die elektrischen Leitungen über Vielfachstecker ange-



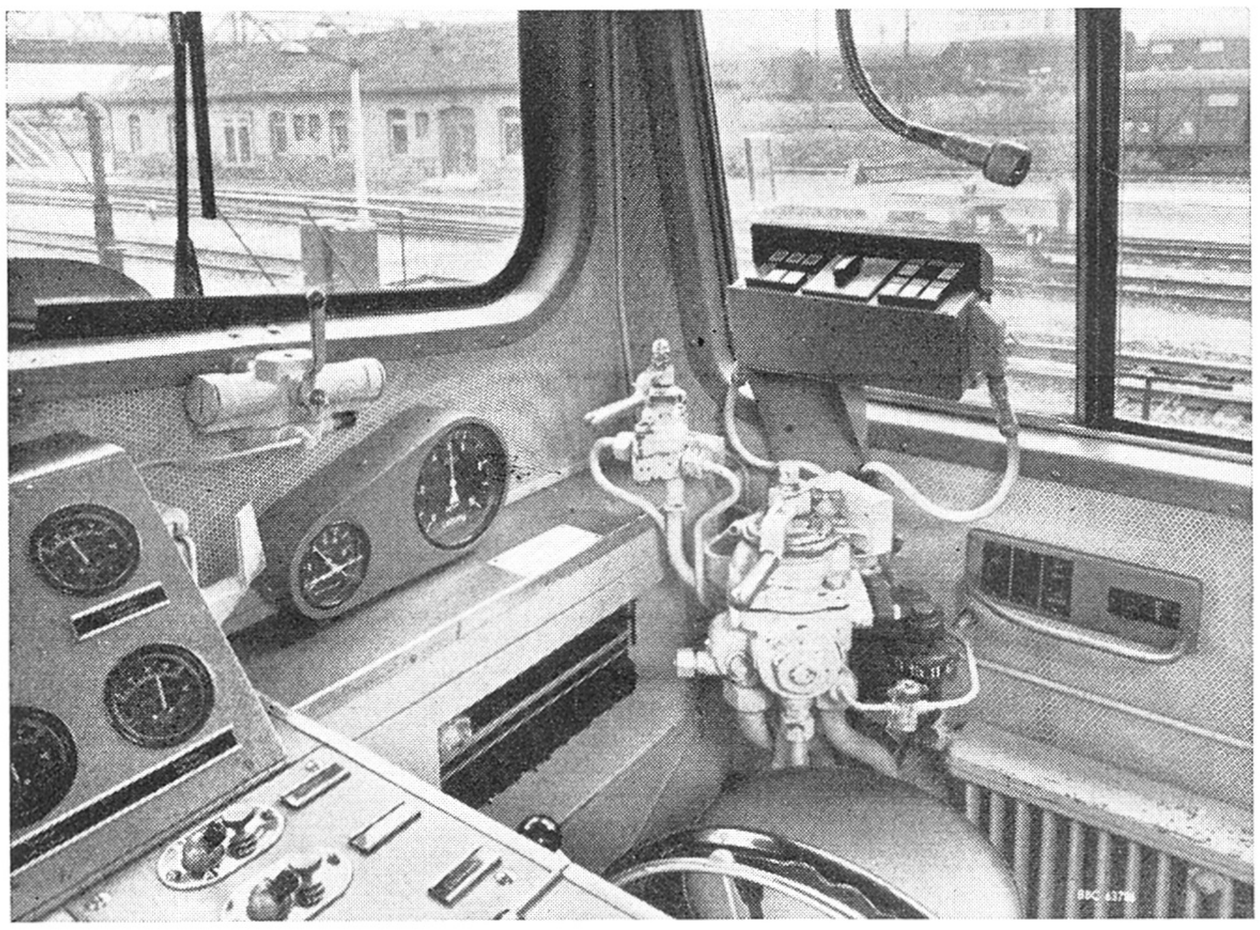


Bild 11: Bediengerät für selbsttätige Geschwindigkeitssteuerung auf der linken und rechten Seite des Führerstandes der V 60.

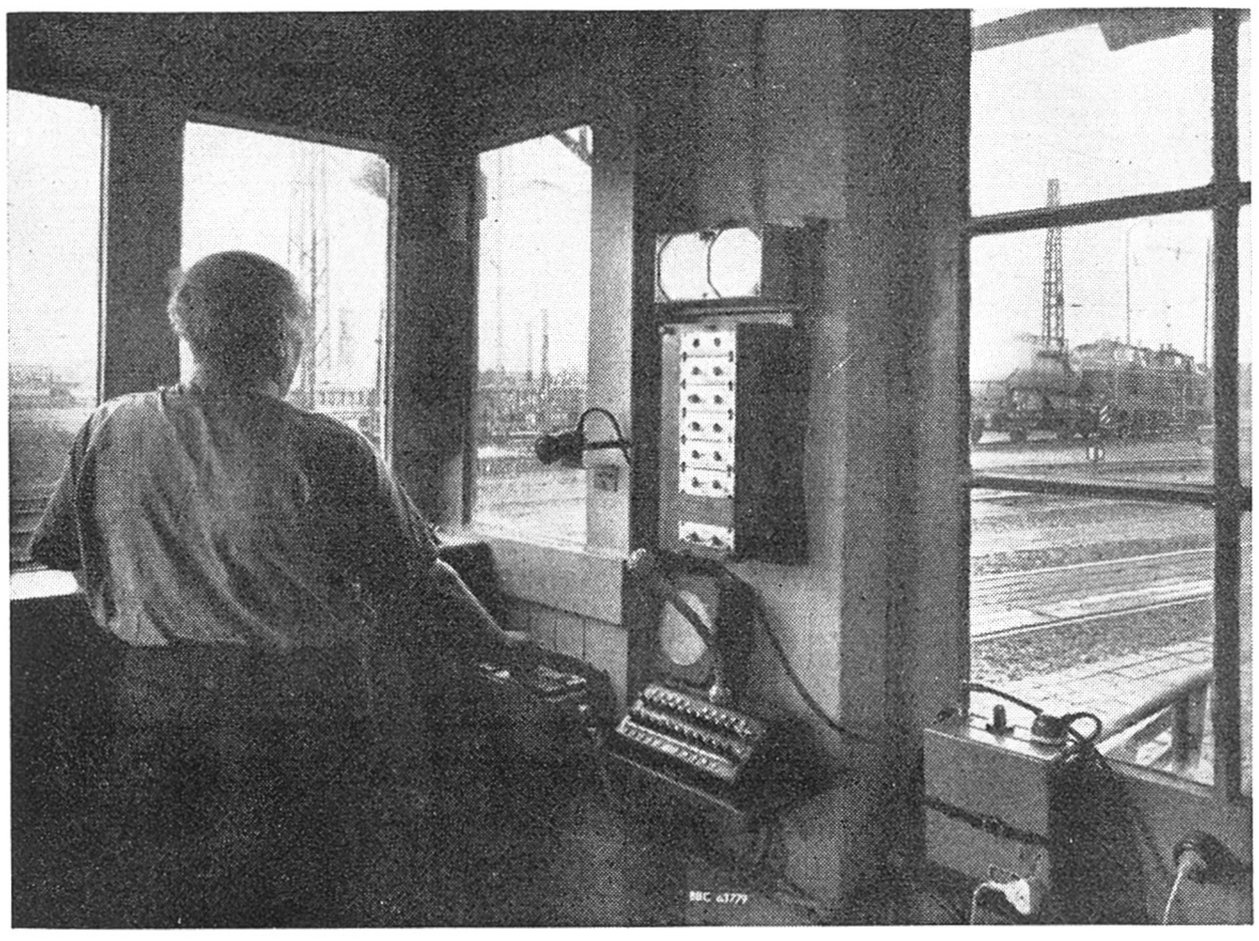


Bild 12: Handhabung des Bediengerätes durch den Bergmeister im funkferngesteuerten, geschwindigkeitsgeregelten Abdrückbetrieb.

schlossen. Das ganze Gerüst ist nach Auftrennung der elektrischen Anschlüsse und der Luftanschlüsse auf Führungsschienen leicht ein- und auszubauen.

4.3. Bediengeräte

Zur Steuerung der Lokomotive ohne Funk über die Geschwindigkeitsregelung und zur Prüfung der Auswertegeräte sind links und rechts am Führerstand zwei Bediengeräte (Bild 11) eingebaut, die parallel zu den Signalen des Übertragungssystems geschaltet und ähnlich wie das Bediengerät beim Bergmeister ausgeführt sind. Ein Standwechsel des Lokomotivführers ist während des Betriebes mit Reglersteuerung damit jederzeit möglich.

Das Bediengerät der Bergmeisterstation, das der Eingabe der Aufträge des Bergmeisters und zur Anzeige der Rückmeldungen dient, befindet sich unmittelbar am Arbeitsplatz des Rangierleiters in Griffhöhe (Bild 12). Die übrigen Geräte der Bergmeisterstation stehen in einem Nebenraum.

IV. Betriebsabwicklung und Betriebserfahrungen

Die erste funkferngesteuerte V 60 Doppeltraktions-Einheit konnte nach mehrjähriger Entwicklungszeit, die insbesondere für die selbsttätige Geschwindigkeitsregelung in Halbleiter-Technik notwendig war, und nach längerer Vorerprobung, die der Einregelung der einzelnen Einrichtungen diente, im Juli 1962 im Rangierbahnhof Mannheim in den Probebetrieb gegeben werden (Bild 13). Im Dreischichtbetrieb werden von ihr im Funkfernsteuerbetrieb mit selbsttätiger Geschwindigkeitsregelung täglich etwa 2 300 Wagen über den Berg gedrückt. Dabei können Züge bis zu 2 000 Mp Zuglast bewegt werden. Die zu zerlegenden Züge werden vom Lokomotivführer in Direktsteuerung der Einheit bis vor den Berg gefahren; sodann übernimmt der Bergmeister die Steuerung. Sobald die Lokomotive nach Abdrücken des letzten Wagens am Berg angelangt ist, übernimmt sie der Lokomotivführer wieder in Direktsteuerung zur Fahrt zum Abholen des nächsten Zuges.

Abgesehen von kleinen Störungen hat sich die Funkfernsteuerung und selbsttätige Geschwindigkeitsregelung in der nunmehr entwickelten Form durchaus bewährt. Der Betrieb stellte fest, daß bei Anwendung der Funkfernsteuerung die Leistung im reinen Abdrückgeschäft sich um etwa 5 % erhöhen läßt. Dabei sind auch richtigere Abstände zwischen den einzelnen Abläufen zu erzielen und damit in weit höherem Maße Fehlläufe zu vermeiden, als dies bei signalgeregeltem Abdrücken oder beim Abdrücken mit Funksprechverkehr möglich ist. Der Fahrtver-

lauf während des Abdrückens ist bei Geschwindigkeitsregelung sehr ruhig und gleichmäßig; im Gegensatz zu dem üblichen Abdrückbetrieb auf Signal oder mit Handsteuerung durch den Lokomotivführer sind fast keine Rucke und Zerrungen im Zug festzustellen.

Eine zweite V 60-Doppeltraktionseinheit mit selbsttätiger Geschwindigkeitsregelung und Funksteuerung in der endgültigen, fabrikmäßig hergestellten Ausführung ist im Bau; sie wird anfangs 1963 in Betrieb kommen. Es ist geplant, dann beide Einheiten in einem hochbeanspruchten Rangierbahnhof in Norddeutschland einzusetzen.

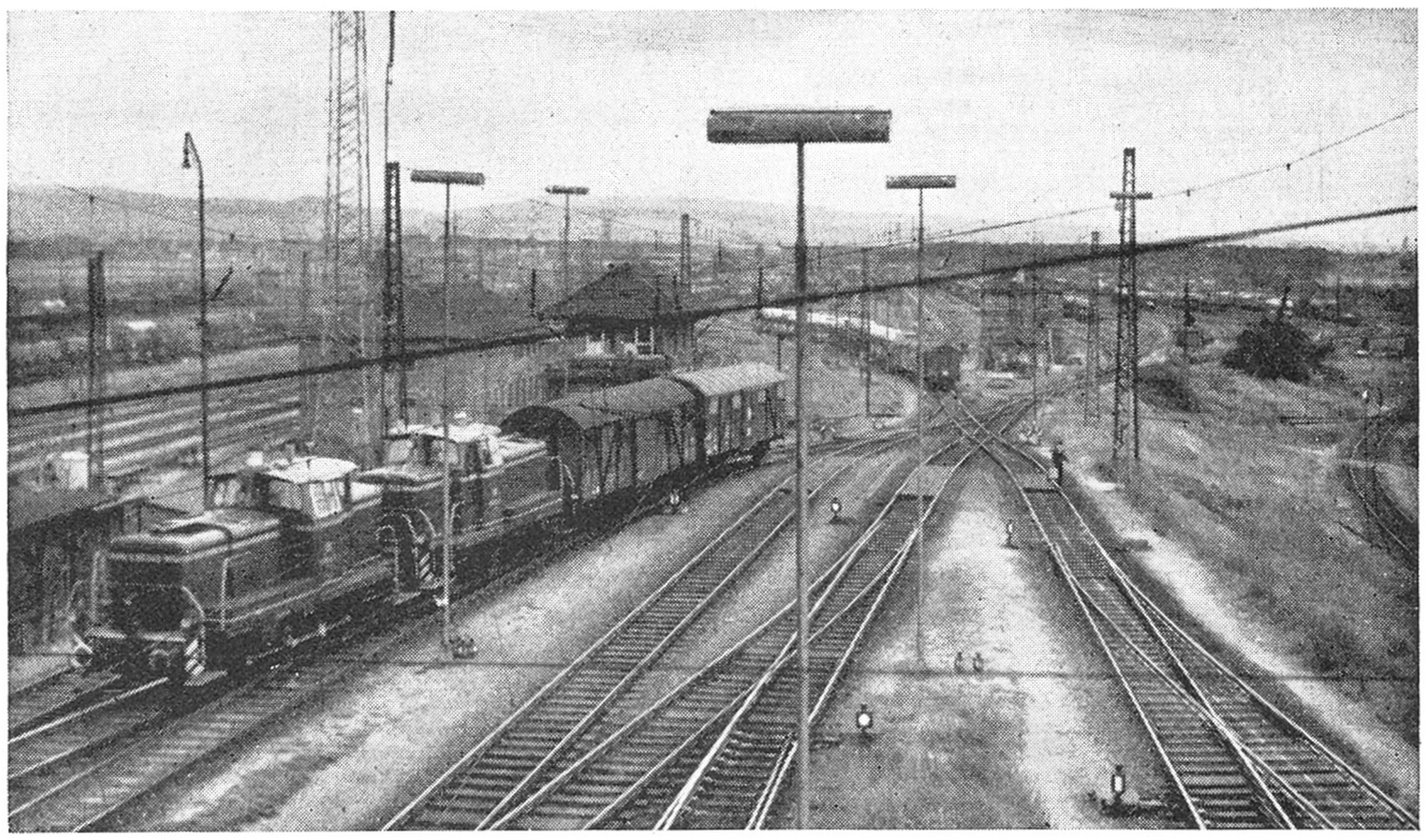


Bild 13: Funkferngesteuerte V 60-Doppeleinheit im Abdrückbetrieb des Rangierbahnhofs Mannheim.

V. Weiterentwicklung der selbsttätigen Geschwindigkeitsregelung von Lokomotiven

Die Entwicklung der Elektronik ist allerwärts in vollem Gange. Bei mehreren größeren Eisenbahnverwaltungen werden schon weitgreifende Untersuchungen über die Möglichkeit der selbsttätigen Triebfahrzeugsteuerung auf elektronischem Wege durchgeführt. Im Rahmen dieser Bestrebungen wurde mit der Entwicklung einer selbsttätigen Geschwindigkeitsregelung für die Rangierlokomotiveinheiten V 60 bis zum tatsächlichen erfolgreichen Dauereinsatz im praktischen Betrieb, also bis zur betriebszuverlässigen Reife, in aller Stille wertvolle und im einzelnen recht aufschlußreiche Vorarbeit geleistet. Die hierbei gesammelten Erfahrungen werden der Entwicklungsfirma und der Deutschen Bundesbahn bei der Weiterentwicklung der selbsttätigen Steuerung der Streckenlokomotiven zugute kommen.

L 8007a/S (1265. 1.5 · H. Repr.) Sonderdruck aus ETR 11/1962 Seite 515 bis 525 V 7