

# TELEFUNKEN-ZEITUNG

NACHRICHTEN AUS DEM



TELEFUNKEN-KONZERN

TELEFUNKEN — DEBEG

Unter Mitwirkung von Dr. Georg Graf v. Arco und Prof. Dr. Fritz Schröter

---

XV. JAHRGANG

DEZEMBER 1934

NUMMER 69

---

# Typendrucktelegraph für den drahtlosen Betrieb.

Von H. Wüsteney und F. Hennig.

Während der Telegraphenbetrieb mit Typendruckern und 5-Stromschritt-Alphabet auf allen wichtigeren Landleitungen längst Selbstverständlichkeit geworden ist und es neuerdings sogar gelungen ist, Schnelltelegraphen mit Typendruck über Transozeankabel zu betreiben, ist die drahtlose Telegraphie wegen der Störanfälligkeit des Empfangs immer noch auf die Benutzung des Morsealphabetes mit Hör- oder Schreibempfang angewiesen. Dadurch wird nicht nur auf die direkten Vorteile des Typendruckbetriebes verzichtet, die drahtlose Telegraphie bildet vielmehr einen gesonderten Betrieb abseits von der Leitungstelegraphie und läßt sich daher nur schwer in das allgemeine Telegraphienetz einordnen.

Mit der Schaffung einer Methode, die die subjektive Auswertung der empfangenen Signale durch eine automatische Ausiebung der Fehler ersetzt, ist die Möglichkeit des Typendruckbetriebes und unmittelbaren Anschlusses an die übrigen Telegraphierwege auch für den drahtlosen Betrieb gegeben. Die Grundlage hierzu bietet die Methode von Verdan, bei der jedes Zeichen mehrfach übermittelt und die bei den einzelnen Übertragungen aufgenommenen Impulse im Empfänger miteinander verglichen werden.

Zur Veranschaulichung dieses Verfahrens sei Betrieb mit langen Wellen angenommen, bei dem bekanntlich praktisch nur Störungen durch zusätzliche Zeichen auftreten. Trifft ein solcher Störimpuls auf „Signal“ (Ausstrahlung), so wird das Empfangsrelais nur noch stärker nach der Seite umgelegt, nach der es sich ohnehin bewegen soll. Trifft die Störung dagegen auf „Pause“ (keine Ausstrahlung), so wird

der Störimpuls wie ein Signal aufgenommen, d. h. „Pause“ wird in „Signal“ gefälscht. Daraus ergibt sich sofort eine Aufteilung in „nicht störanfällige“ Impulse (Signal) und „störanfällige“ Impulse (Pause). Wird nun ein zu übermittelndes Zeichen mehrfach ausgesandt, so werden die nicht störanfälligen Impulse jedesmal im Empfänger richtig aufgenommen, die störanfälligen Impulse dagegen werden z. T. durch Störungen gefälscht werden. Ein Stromschritt, der im Empfänger bei den wiederholten Übermittlungen ein oder mehrmals als „Pause“ aufgenommen wurde, kann demnach vom Sender nur als Pause ausgesandt sein, und die dabei aufgenommenen Signale müssen durch Störungen verursacht sein. Damit ist das System der Auswertung am Empfänger festgelegt: Jeder Stromschritt, der bei den Übermittlungen wenigstens einmal als Pause empfangen wurde, wird als Pause registriert, jeder Stromschritt, der bei allen Übermittlungen stets als Signal aufgenommen wurde, wird als Signal ausgewertet.

In Bild 13 ist als Beispiel die Übermittlung des Buchstabens G im 5-Stromschritt-Alphabet angenommen (Stromschritte 1, 3 und 5 störanfällig, 2 und 4 nicht störanfällig). Bei dreimaliger Aussendung dieser Kombination können im Empfänger nacheinander z. B. die in Bild 13 angegebenen Impulsfolgen erhalten werden, in denen die durch Störungen verursachten Signale durch (⊕) gekennzeichnet sind. Werden diese Impulsfolgen im Empfänger gespeichert und erst nach der Aufnahme der letzten Wiederholung ausgewertet, so ergibt sich wieder die Kombination für den Buchstaben „G“, der demnach richtig zum Abdruck kommt.

Es ist besonders beachtenswert, daß das Verdan-System den richtigen Buchstaben ergibt, obwohl keine der drei Übermittlungen fehlerlos war. Der in Bild 13 angenommene Empfang hätte bei unmittelbarem Abdruck nacheinander die Buchstaben H, F, L ergeben, aus denen das richtige Zeichen nicht erkennbar wäre. Die Wirkungsweise des Verdan-Systems geht also weit über das hinaus, was normalerweise durch mehrfache Übertragung erreicht wird.

Sendung:		—	—	—	—	—	G
Empfang:	1. Übermittlung:	(⊕)	+	+	—	—	H
	2. Übermittlung:	—	—	(⊕)	—	—	F
	3. Übermittlung:	(⊕)	—	—	(⊕)	—	L
Auswertung:		+	+	—	—	G	

⊕ = störanfälliger Impuls (Pause),  
 + = nicht störanfälliger Impuls (Signal),  
 ⊕ = gestörter Impuls.

Bild 13. Grundlage des Verdan-Systems.

Ein falscher Buchstabe kann, wenn das Verdan-System angewandt wird, nur dann zum Abdruck kommen, wenn eine Zeichenkombination bei allen Übermittlungen an der gleichen Stelle gestört wird. Dafür ist aber die Wahrscheinlichkeit ganz außerordentlich gering. Wird die Häufigkeit gestörter Zeichen bei einfacher Übermittlung  $w_1$  und die Häufigkeit der gestörten Pausenimpulse  $p$  gesetzt, so ist  $w_1 = 2,5 p$ , da im Durchschnitt jedes Zeichen 2,5 störanfällige Pausenimpulse enthält. Die Wahrscheinlichkeit, daß ein störanfälliger Impuls bei  $n$  Übermittlungen jedesmal gestört wird, ist dann  $q = p^n$ . Deshalb wird die Wahrscheinlichkeit für die Zahl der bei  $n$  Übermittlungen gestörten Buchstaben

$$w_n = 2,5 q = 2,5 \cdot p^n = \frac{w_1^n}{2,5^{n-1}}$$

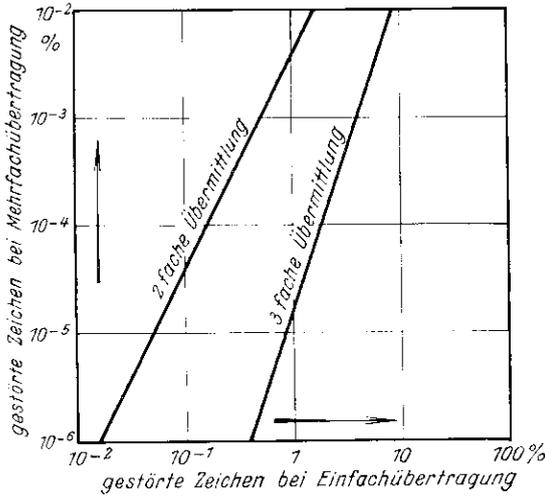


Bild 14. Wahrscheinlichkeit der gestörten Zeichen bei mehrfacher Übermittlung.

Diese Werte gelten mit ausreichender Genauigkeit für Fehlerzahlen bis 10%, bei höheren Fehlerzahlen müßte berücksichtigt werden, daß unter Umständen ein gestörtes Zeichen zwei gestörte Impulse enthalten kann. In Bild 14 sind die so berechneten Fehlerzahlen für zwei- und dreifache Übermittlung in Abhängigkeit von der Fehlerzahl bei einfacher Übermittlung dargestellt. Bei z. B. 1% falschen Buchstaben in normalem Betrieb setzt das Verdan-System mit nur einer Wiederholung bereits die Fehlerzahl auf 0,004% herab, bei zwei Wiederholungen (drei Übermittlungen) sogar auf 0,000016% Fehler, d. h. einen falschen Buchstaben auf 6250000 richtige Buchstaben.

Bei 10% falschen Buchstaben im einfachen Betrieb bleibt eine Fehlerzahl von 0,016% übrig, wenn mit Verdan-System und dreimaliger Übermittlung gearbeitet wird.

Für den praktischen Betrieb ist jedoch nicht die Zahl der Fehler maßgebend, sondern die Zahl derjenigen Telegramme, die eine Rückfrage erfordern (unerledigte Telegramme). Die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten wenigstens eines Fehlers steigt natürlich mit der Länge eines Telegrammes; es muß also für die betriebsmäßige Bewertung des Verdan-Verfahrens die Länge der Telegramme berücksichtigt werden. Unter Benutzung der dem praktischen Betriebe entnommenen Werte für den Anteil der Telegramme verschiedener Länge (die Unterlagen hierzu hat die „Transradio“ A. G. aus dem Verkehr Deutschland—Amerika freundlichst zur Verfügung gestellt) ergab die Wahrscheinlichkeitsrechnung die in Bild 15 wiedergegebene Kurve für die Zahl der unerledigten Telegramme bei verschiedener Fehlerhäufigkeit. Die oben angegebenen Zahlen (1% Fehler bei einfacher Übermittlung) entsprechen dann einer wahrscheinlichen Zahl der „unerledigten“ Telegramme von 61% bei einfacher Übermittlung, von 0,38% bei doppelter und 0,0015% bei dreifacher Übertragung. Selbst wenn die praktischen Werte von diesen Ergebnissen der Wahrscheinlichkeitsrechnung merklich abweichen, so ist damit doch sichergestellt, daß das Verdan-System eine glatte Abwicklung des Betriebes mit Typendruck auch unter solchen Bedingungen gewährleistet, unter denen ein einfacher Verkehr nicht mehr durchzuführen wäre.

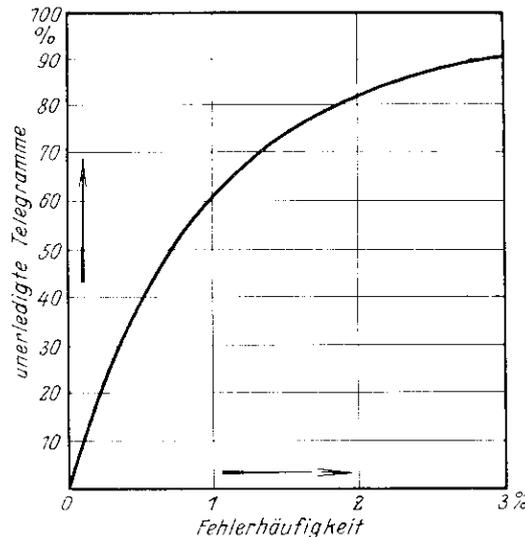


Bild 15. Zahl der unerledigten Telegramme bei verschiedener Fehlerhäufigkeit.

Es ist naheliegend, daß sich die Methode Verdan auch gegen die Fadings im Betriebe mit kurzen Wellen anwenden läßt. Es ist nur nötig, das Verfahren umzukehren: Jeder Impuls, der vom Sender z. B. dreimal übermittelt und wenigstens einmal als „Signal“ empfangen worden ist, wird als

„Signal“ im Drucker registriert. Als „Pause“ werden nur solche Impulse ausgewertet, die bei allen Übermittlungen stets als Pause aufgenommen wurden. Voraussetzung ist natürlich, daß der Abstand zwischen den Wiederholungen desselben Zeichens mit der Dauer der Fadings in Einklang gebracht wird.

Der neue Mehrfachtelegraph für drahtlosen Betrieb der Siemens & Halske A. G. verbindet die Ausnutzung des Verdan-Systems mit den Vorteilen neuzeitlicher Apparatechnik. Das System ist als Mehrfachtelegraph ausgeführt, schon deshalb, weil dieser Apparatyp mehrere Telegraphierkanäle zwischen Sender und Empfänger schafft. Von diesen Kanälen wird je einer für die erste, zweite und dritte Übermittlung jedes Zeichens belegt, sodaß die Bedingungen des Verdan-Betriebes in einfacher und übersichtlicher Anordnung erfüllt werden können. Die Apparatur besteht demnach auf der Sende- und Empfangsseite zunächst aus den Teilen eines Mehrfachtelegraphen. Dazu kommen auf der Sende- wie auf der Empfangsseite Speichereinrichtungen. Diese Speichereinrichtungen sind rein elektrisch ausgeführt, d. h. sie bestehen aus Kontaktwalzen und Kondensatoren, durch deren Ladung die Impulse gespeichert werden. Damit ergibt sich ein einheitlicher Aufbau des gesamten Apparates, der ja als Mehrfachtelegraph ohnehin mit elektrischen Verteilern arbeiten muß, und der Vorteil einer leichten Umschaltbarkeit zur Anpassung an verschiedene Betriebsverhältnisse.

Bild 16 zeigt ein Schema des Senders. Zur Aussendung der Stromimpulse dient, wie bei jedem Mehrfachtelegraphen, der Verteiler, der das Senderrelais steuert. Das Senderrelais gibt die Impulse in bekannter Weise als Doppelstromzeichen an das Tastrelais des drahtlosen Senders weiter. Der Verteiler, der hier abweichend von der praktischen Ausführung als Kontaktscheibe mit umlaufendem Bürstenarm dargestellt ist, ist auf seinem Umfang in sechs Sektoren I...VI von je fünf Segmenten eingeteilt.

Mit dem Verteiler in einem bestimmten Übersetzungsverhältnis gekuppelt läuft der Kontaktgeber des Speichers um. Die auszusendenden Impulskombinationen, für die das 5-Stromschritt-Alphabet benutzt wird, werden in bekannter Weise durch einen Lochstreifenabtaster festgelegt. In Bild 16 ist ein solcher Fühlhebel dargestellt. Je nachdem, ob die Spitze des Fühlhebels auf ein Loch oder eine ungelochte Stelle des Streifens trifft, legt sich der Fühlhebel gegen den mit dem + oder - Pol verbundenen Kontakt. Berührt die Bürste des Verteilerbürstenarmes das Segment I<sub>1</sub> (Segment I des Sektors I), so überbrücken gleichzeitig die Bürsten des Speicherbürstenarmes die Kontakte a, b<sub>1</sub>, c<sub>1</sub> und den ungeteilten Ring d der Speicherkontaktscheibe. Damit wird ein Stromkreis gebildet von dem + Pol über den Fühlhebel, Kontakt a, Bürstenarm und Ring d des Speichers, Segment I<sub>1</sub> und Ring v des Verteilers zum Senderrelais, welches den entsprechenden Impuls aussendet. Durch Ladung der Speicherkondensatoren C<sub>1</sub> und C<sub>2</sub> über die Kontakte b<sub>1</sub> und c<sub>1</sub> wird das Zeichen für die folgenden Wiederholungen gespeichert. Das Übersetzungsverhältnis zwischen Verteiler und Speicher ist so festgelegt, daß nach 2 1/3 Umdrehungen der Verteilerbürste der Speicherbürstenarm den Kontakt b<sub>2</sub> berührt. Zu demselben Zeitpunkt ist die Verteilerbürste auf Segment III<sub>1</sub> (Segment I des Sektors III) und schließt einen Stromkreis von C<sub>1</sub> über b<sub>2</sub>, Ring d, Segment III<sub>1</sub>, Ring v und das Senderrelais, über den sich der Kondensator C<sub>1</sub> entlädt. Dieser Entladestromstoß hat dieselbe Richtung wie der vorher über Segment I<sub>1</sub> ausgesandte Stromstoß, er veranlaßt also am Senderrelais die zweite Aussendung des vorher abgetasteten Impulses. Wenn sich der Verteilerbürstenarm wieder um 2 1/3 Umdrehungen und der Speicherbürstenarm um das entsprechende Stück weitergedreht haben, entlädt sich der Kondensator C<sub>2</sub> über Kontakt c<sub>2</sub>, Ring d, Segment V<sub>1</sub>, Ring v und das Senderrelais. Damit

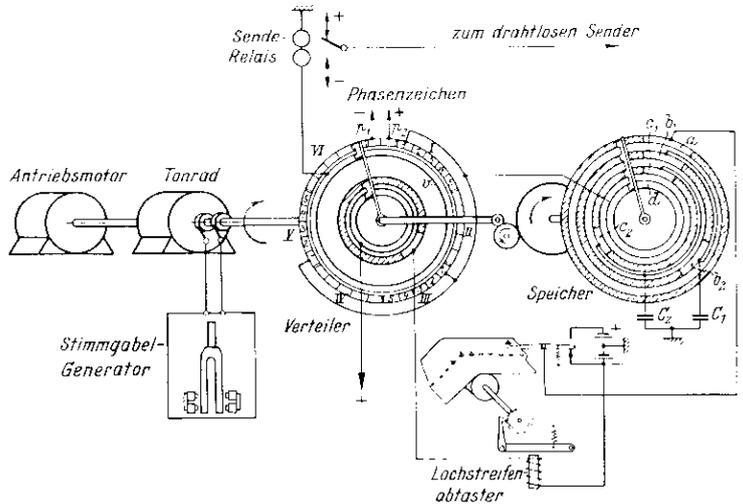


Bild 16. Mehrfach-Telegraph für den drahtlosen Betrieb (Sender).

erfolgt die dritte Aussendung desselben Impulses. Für die übrigen Fühlhebel des Streifenabtasters sind entsprechende Kontakteinrichtungen und Speicherkondensatoren vorhanden. Dies hat zur Folge, daß jede Impulskombination zunächst über den Sektor I, dann die Sektoren III und V ausgesandt wird. Sobald der Verteilerbürstenarm das Segment I<sub>1</sub> verlassen hat, ist die Abtastung der Lochkombination beendet, und die Wiederholungen erfolgen unabhängig vom Lochstreifen auf anderen Sektoren. Nach Ablauf einer Umdrehung der Verteilerbürste kann also über Sektor I ein neues Zeichen ausgesandt werden. Zu diesem Zweck wird im Verlauf der Umdrehung ein Stromkreis für den Vorschubmagneten geschlossen, dessen Anker den Lochstreifen um eine Lochteilung weiterschaltet. Zur Speicherung des neu eingestellten Zeichens sind dann weitere Kontakte und Kondensatoren des Speichers vorhanden, die in Bild 16 nicht dargestellt sind.

Von den sechs Sektoren des Verteilers bleiben von allen dem Abtaster A zugeordneten Impulsen die Sektoren II, IV und VI frei. Diese Sektoren werden dadurch belegt, daß ein weiterer Abtaster B angeschaltet wird, dessen Kombinationen erstmalig auf Sektor IV, zum zweiten Male auf Sektor VI und zum dritten Male auf Sektor II ausgesandt werden. Auf diese Weise werden also zwei Telegramme zu gleicher Zeit mit je dreimaliger Aussendung übermittelt.

Auf der Empfangsstation werden die ankommenden Signale gleichgerichtet und dem Empfangsrelais zugeführt (Bild 17). Dieses Relais arbeitet mit dem Empfangsverteiler und dem Empfangsspeicher zusammen, deren Aufbau den entsprechenden Teilen des Senders gleicht. Der Empfangsverteiler ist, genau wie der Sendeverteiler, in sechs Sektoren mit je fünf Segmenten unterteilt, und das Übersetzungsverhältnis sowie die gegenseitige Stellung der Bürstenarme des Empfangsverteilers und Empfangsspeichers sind genau die gleichen wie beim Sender. Der Bürstenarm des Empfangsverteilers läuft synchron und phasengleich mit dem Bürstenarm des Sendeverteilers um. In dem Augenblick also, in dem der Sender über das Segment I<sub>1</sub> einen Impuls aussendet und das Empfangsrelais diesem Impuls entsprechend umgelegt wird, überstreicht auch der Bürstenarm des Empfangsverteilers das Segment I<sub>1</sub>, während der Speicherbürstenarm sich auf dem Kontakt h<sub>1</sub> befindet. Dadurch entsteht ein Stromkreis, der vom Anker des Empfangsrelais über den Ring 1, Segment I<sub>1</sub>, Ring i des Speichers, Bürstenarm und Kontakt h<sub>1</sub> zum Kondensator C des Speichers führt, dessen zweite Belegung fest mit dem - Pol verbunden ist. Ein Kontakt des Empfangsrelais (er<sub>1</sub>) ist mit dem + Pol verbunden, der andere (er<sub>2</sub>) aber isoliert. Der Kondensator C wird also nur dann geladen, wenn beim Überstreichen der Verteilerbürsten über das Segment I<sub>1</sub> der Relaisanker am + Kontakt liegt. Nach 2 1/3 Umdrehungen berührt die Verteilerbürste das Segment III<sub>1</sub> in dem Augenblick, in dem der Sender den vorhin betrachteten Impuls zum zweiten Male aussendet. Dabei hat sich der Bürstenarm des Speichers zum Kontakt h<sub>2</sub> bewegt, sodaß der Kondensator C zum zweiten Male mit dem Anker des Empfangsrelais verbunden wird. Dasselbe geschieht noch einmal über Kontakt h<sub>3</sub>, wenn nach weiteren 2 1/3 Verteilerumdrehungen der Speicherbürstenarm auf Segment V<sub>1</sub> kommt und der Sender den gleichen Impuls zum dritten Male aussendet. Es ist nun klar, daß der Kondensator geladen ist, wenn bei dem dreimaligen Anschalten der Relaisanker wenigstens einmal am + Kontakt (er<sub>1</sub>) lag; er ist aber nur dann ungeladen, wenn der Anker des Empfangsrelais sich jedesmal am isolierten Kontakt befand. Damit ergibt sich in außerordentlich einfacher Weise eine Auswertung des Empfanges, wie sie das Verdand-System verlangt. Man hat nur das Empfangsrelais so an den Gleichrichter anzuschalten, daß sein Anker bei den störanfälligen Impulsen am Kontakt er<sub>1</sub> liegt. Ein einmaliges ungestörtes Eintreffen eines störanfälligen Impulses genügt dann, um den Kondensator zu laden.

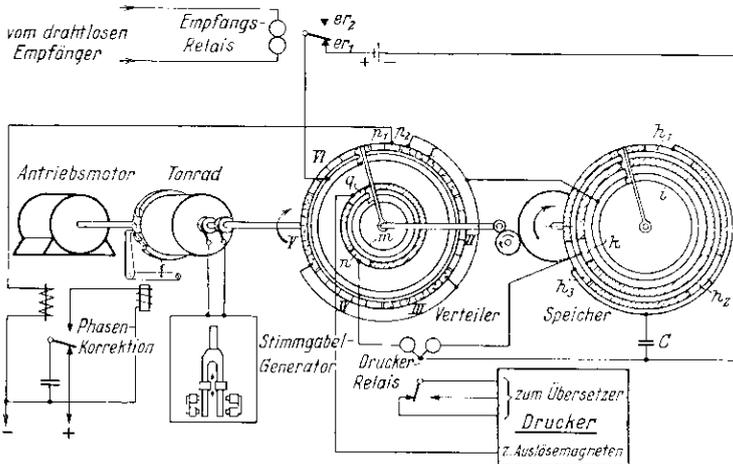


Bild 17. Mehrfach-Telegraph für den drahtlosen Betrieb (Empfänger).

erfolgt die dritte Aussendung desselben Impulses. Für die übrigen Fühlhebel des Streifenabtasters sind entsprechende Kontakteinrichtungen und Speicherkondensatoren vorhanden. Dies hat zur Folge, daß jede Impulskombination zunächst über den Sektor I, dann die Sektoren III und V ausgesandt wird. Sobald der Verteilerbürstenarm das Segment I<sub>1</sub> verlassen hat, ist die Abtastung der Lochkombination beendet, und die Wiederholungen erfolgen unabhängig vom Lochstreifen auf anderen Sektoren. Nach Ablauf einer Umdrehung der Verteilerbürste kann also über Sektor I ein neues Zeichen ausgesandt werden. Zu diesem Zweck wird im Verlauf der Umdrehung ein Stromkreis für den Vorschubmagneten geschlossen, dessen Anker den Lochstreifen um eine Lochteilung weiterschaltet. Zur Speicherung des neu eingestellten Zeichens sind dann weitere Kontakte und Kondensatoren des Speichers vorhanden, die in Bild 16 nicht dargestellt sind.

Die Umsetzung der so entstörten Zeichen in Typendruck macht keine Schwierigkeiten: Kurz vor dem Augenblick, in dem die dritte Übermittlung auf Sektor V aufgenommen wird, erhält das Druckerrelais vom Ring m des Verteilers über Kontakt n einen Stromstoß, der es nach der Ruheseite umlegt. Nach der dritten Übermittlung legt der Speicherbürstenarm den Kondensator C über  $h_3$  und k an eine andere Wicklung des Druckerrelais. War dann der Kondensator nicht geladen, so bleibt der Relaisanker auf Ruheseite, war der Kondensator aber geladen, so wird der Anker nach Arbeitsseite umgelegt. Die gleichen Einrichtungen sind natürlich auch für die übrigen Impulse jedes Fünferzeichens vorhanden. Die Stellung der fünf Druckerrelais wird zur Auswahl der abdruckenden Type wie bei normalen Typendruckapparaten benutzt. Es ist nur noch notwendig, den Drucker für die Ausführung eines Druckvorgangs auszulösen, was bei weiterer Drehung des Verteiler-Bürstenarmes über den Kontakt q geschieht.

Da beim Sender in den Zwischenräumen zwischen den Wiederholungen der Impulse neue Zeichen abgegriffen und ausgesandt werden, ist auch beim Empfänger eine entsprechende Anzahl von Speicherkondensatoren vorhanden, die so lange nacheinander angeschaltet werden, bis der erste Kondensator wieder frei wird. Die Entladung der Kondensatoren erfolgt jedoch auf dasselbe Druckerrelais, sodaß dieses bei jeder Umdrehung des Verteilers einmal eingestellt wird. Wie die von dem zweiten Lochstreifensender über die Sektoren IV, VI und II ausgehenden Impulse zur Betätigung eines zweiten Druckers benutzt werden, braucht nicht besonders erläutert zu werden.

Bei günstigeren Empfangsverhältnissen würde die dreimalige Übermittlung einen unnötigen Aufwand an Zeit für die Übertragung bedeuten. Es ist deshalb noch eine Speichereinrichtung vorgesehen, die durch einfaches Umlegen eines vielpoligen Schalters an Stelle der anderen in Betrieb genommen werden kann. Mit diesem „kleinen“ Speicher werden dann alle Impulse nur zweimal übertragen. Dabei sind jedoch mit den beiden vorher angeschlossenen Lochstreifenabtastern nur vier Sektoren belegt, es ist also Platz geschaffen für die Anschaltung eines weiteren Abtasters und eines Druckers, durch die bei unveränderter Leistung je Sender und Drucker die Leistungsfähigkeit des Systems um die Hälfte vergrößert wird. Die Zuordnung der einzelnen Sektoren zu den Abtastern ist folgende:

	Abtaster	Übermittlung	Sektor
a) Großer Speicher	A	1	I
		2	III
		3	V
	B	1	IV
		2	VI
		3	II
b) Kleiner Speicher	A	1	I
		2	IV
	B	1	III
		2	VI
	C	1	V
		2	II

Bei allen vorstehenden Erläuterungen ist nicht berücksichtigt worden, wie der Gleichlauf zwischen Sender und Empfänger aufrecht erhalten wird. Es ist zunächst klar, daß für eine gute Übereinstimmung der Phasenlage zwischen den Verteilern die Einhaltung einer konstanten Drehzahl beim Sender notwendig ist. Diese wird erreicht durch eine lokale Synchronisierung, die derjenigen des Siemens-Bildtelegraphen ähnlich ist.

Auf dem Umfang des Sendeverteilers sind außer den 30 Segmenten der sechs Sektoren noch zwei besondere Phasensegmente  $p_1$  und  $p_2$  (Bild 16) angebracht, die fest mit dem  $\ominus$  bzw.  $\oplus$  Pol der Stromquelle verbunden sind. Über diese Segmente geht, unabhängig von den auf den anderen Segmenten

ausgesandten Zeichen, bei jeder Umdrehung ein Phasenzeichen ( $- +$ ) heraus. Der Umschlag von  $-$  nach  $+$  ist dabei für den Empfänger die Zeitmarke, welche angibt, daß in diesem Augenblick der Sendeverteiler eine neue Umdrehung beginnt.

Beim Empfänger ist genau wie beim Sender für die Einhaltung einer bestimmten Drehzahl Vorsorge getroffen; die Umlaufzahl wird jedoch etwas höher eingestellt als die des Senders. Die

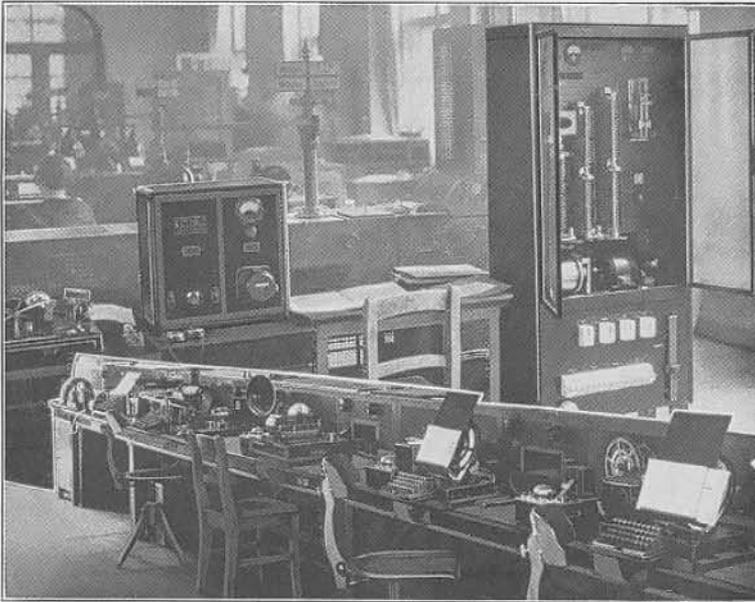


Bild 18. Siemens-Verdan Apparatur im Telegraphenamts Berlin.

Achse des Empfangsverteilers wird dann in gewissen Zeitabständen zurückgestellt. Das geschieht auf folgende Weise (Bild 17):

Wie der Sender besitzt der Empfänger zwei Segmente  $p_1$  und  $p_2$  für das Phasenzeichen. Das Segment  $p_1$  ist isoliert, während  $p_2$  mit der Wicklung eines empfindlichen Relais (Korrektionsrelais) verbunden ist, deren anderes Ende fest am  $-$  Pol liegt. Bei genau gleicher Phasenlage der Sender- und Empfängerbürstenarme erfolgt der durch den Übergang von  $p_1$  nach  $p_2$  am Sender hervorgerufene Umschlag des Empfangsrelais von  $er_1$  nach  $er_2$  in dem Augenblick, in dem auch die Empfängerbürste von  $p_1$  nach  $p_2$  übergeht. Während des Überstreichens des isolierten Segments  $p_1$  liegt also

der Anker des Empfangsrelais an Spannung, beim Überstreichen von  $p_2$  liegt der Anker am isolierten Kontakt, sodaß in beiden Fällen kein Strom für das Korrektionsrelais zustande kommt. Im Verlauf der weiteren Umdrehungen eilt aber der Empfangsverteiler vor, sodaß sich dann die Bürste bereits auf  $p_2$  befindet, während der Anker des Empfangsrelais noch an  $er_1$ , also an Spannung liegt. Damit erhält das Korrektionsrelais einen kurzen Stromstoß, dessen Dauer durch die Größe der Voreilung des Empfängers gegeben ist. Bei einem gewissen Betrag der Voreilung spricht das Korrektionsrelais an. Jedes Ansprechen des Korrektionsrelais löst eine Verdrehung des Tonradstators um einen bestimmten Betrag aus. Die Verdrehung erfolgt in einem solchen Sinne, daß die damit verbundene Verschiebung der Phasenlage des Rotors eine Rückstellung des Verteilerbürstenarmes ergibt.

Im Betriebe entfällt je eine Rückstellung auf etwa sechs Verteilerumdrehungen. Der Betrag einer Rückstellung

ist  $\frac{1}{10}$  einer Impulslänge, also  $\frac{1}{320}$  Umdr. des Verteilers. Die Drehzahlabweichung zwischen Sender und Empfänger ist dann  $\frac{1}{6} \cdot \frac{1}{320}$ , also etwa  $\frac{1}{2000}$ . Sind atmosphärische Störungen vorhanden,

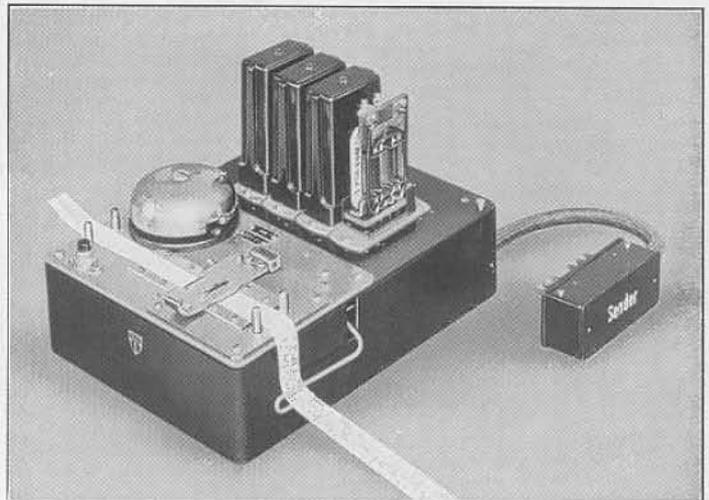


Bild 19. Lochstreifenabtaster.

so haben diese ein Umlegen des Empfangsrelais an den isolierten Kontakt zur Folge, verhindern also eine Auslösung der Rückstellung. In einzelnen Fällen kann es eintreten, daß das Phasenzeichen bei zwei oder sogar drei aufeinander folgenden Umdrehungen gestört wird. Die dabei eintretende weitere Voreilung des Empfängers ist aber unbedenklich, da der Empfänger, der im ungestörten Betrieb nach je sechs Umdrehungen zurückgestellt wird, auch sieben bis acht Umdrehungen machen kann, ohne daß eine Beeinträchtigung des Empfangs eintritt. Der Gleichlauf ist also auch bei stärksten Störungen des Empfangs vollkommen gesichert.

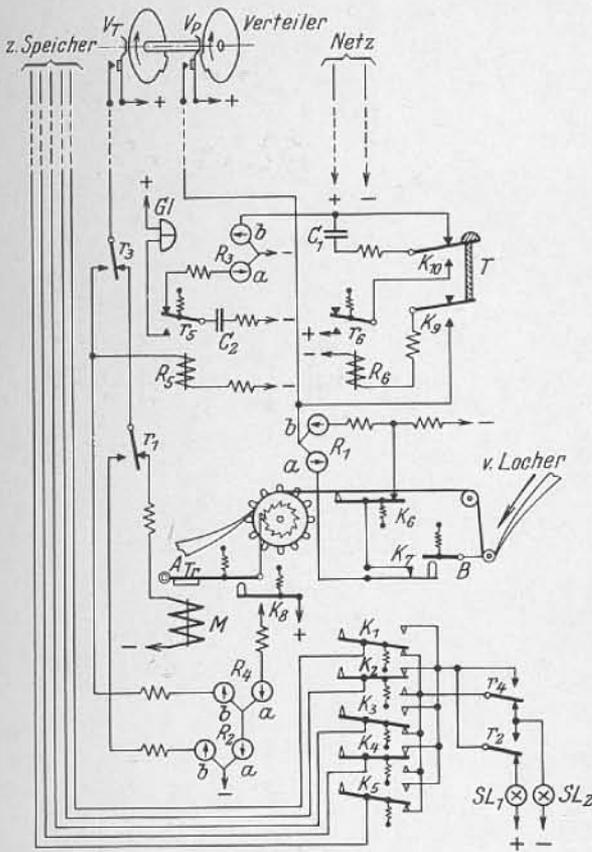


Bild 20. Schaltung des Lochstreifen-Abtasters.

Aus der Praxis des drahtlosen Betriebes ist bekannt, daß bei langen Wellen neben den „positiven“ atmosphärischen Störungen in geringem Maße auch sogenannte „negative“ Störungen auftreten. Diese bestehen aus kurzen Zeichenausfällen, die zur Zerschneidung der Signalimpulse führen. Ist eine solche negative Störung lang genug, um das Empfangsrelais umzulegen, und wird im gleichen Zeitpunkt ein Speicherkondensator des Empfängers an das Empfangsrelais gelegt, so wird dieser fälschlicherweise geladen und demnach ein falsches Zeichen zum Abdruck gebracht. Zur Vermeidung solcher Fehler ist zunächst parallel zur Wicklung des Empfangsrelais ein Kondensator vorgesehen, der kurze Zeichenausfälle überbrückt. Ferner ist zwischen Empfangsrelais und Speicherkondensator ein veränderlicher Ladewiderstand eingeschaltet. Damit wird erreicht, daß die kurze Zeit, während der der Relaisanker durch eine negative Störung umgelegt wird, nicht zur vollen Ladung des Kondensators genügt. Diese Teilladung ist dann nicht ausreichend, um das Druckerrelais zu betätigen.

In der praktischen Ausführung sind die Hauptteile des Gerätes in je einem Gestell für Sender und Empfänger vereinigt. Bild 18 zeigt die Siemens-Verdan-Apparatur im Telegraphenamt Berlin.

Der im Handlocher vorbereitete Lochstreifen wird unmittelbar in den Abtaster (Bild 19) geführt, der mit einer Zusatzschaltung (Bild 20) verbunden ist, die zur Sicherung einwandfreier Zeichengabe und Aussendung besonderer Betriebssignale dient. Im normalen Betriebsfall wird nach jedem Zeichen durch den Verteilerkontakt  $V_T$  der Vorschubmagnet  $M$  erregt, der den Lochstreifen weiterschaltet. Vorher wird jedoch durch einen über den Verteilerkontakt  $V_P$  gegebenen Prüfstromstoß die Betriebsbereitschaft des Senders geprüft. Liegt nämlich kein Lochstreifen im Sender, so ist der Kontakt  $K_0$  geöffnet. Spannt sich der Lochstreifen, weil der Beamte langsam oder gar nicht mehr stanz, so wird der Bügel  $B$  angehoben und  $K_7$  geöffnet. In beiden Fällen kann der Prüfstromstoß nicht mehr über die Spule  $a$  des Relais  $R_1$  fließen, deren Wirkung die der Spule  $b$  überwiegt. Der Prüfstrom durch

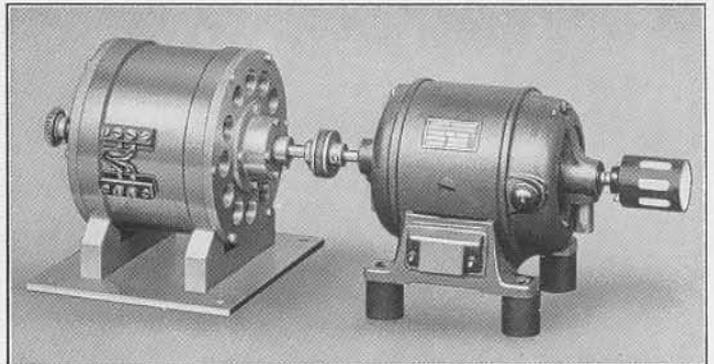


Bild 21. Senderantrieb.

der Spule  $a$  des Relais  $R_1$  fließen, deren Wirkung die der Spule  $b$  überwiegt. Der Prüfstrom durch

Wicklung b legt  $r_1$  nach links um, wodurch der Vorschubmagnet abgeschaltet und der folgende Stromstoß von  $V_T$  über Wicklung b von  $R_2$  geführt wird. Damit wird  $r_2$  nach oben umgelegt, sodaß alle Fühlhebel, unabhängig von ihrer Stellung am  $-$ Pol liegen. Es wird also die Kombination von fünf Minusimpulsen (Pausenzeichen) ausgesandt, die auf dem Druckstreifen nicht erscheint. Nach Einlegen des Lochstreifens bzw. Lockerung des Streifens durch weiteres Stanzen wird Wicklung a von  $R_1$  wieder wirksam und legt  $r_1$  nach rechts. Beim Anziehen des Vorschubmagneten wird über  $K_5$  das Relais  $R_2$  zurückgestellt, sodaß die richtige Anschaltung der Fühlhebel wieder hergestellt ist.

Durch Drücken der Taste T hat der Sendebeamte die Möglichkeit, ohne Unterbrechung der Sendung verarbeitete Betriebssignale zu übermitteln. Dabei wird für jeden Tastendruck einmal unter Benutzung des Prüf- und des Vorschubstromstoßes über  $R_6$  und  $R_3$  der Anker  $r_4$  des Relais  $R_1$  nach oben umgelegt, womit alle Fühlhebel an den  $+$  Pol gelegt sind. Die Kombination von fünf positiven Impulsen löst beim zugehörigen Drucker ein Klingelzeichen aus, gleichzeitig schlägt auch beim Sender die Glocke G1 zur Kontrolle an. Unmittelbar darnach werden alle Relais zurückgestellt, und die Abtastung des Lochstreifens wird fortgesetzt, auch wenn die Taste gedrückt bleibt.

Sende- und Empfangsgestell stimmen in ihrem Aufbau und in vielen Einzelteilen weitgehend überein. Zum Antrieb dient ein Gleichstrommotor, der mit einem Tonrad (Synchronmotor) unmittelbar gekuppelt ist (Bild 21). Ein Stimmgabelgenerator mit der bekannten Anordnung einer kontaktlosen, über eine Verstärkerröhre rückgekoppelten Stimmgabel und dahintergeschaltetem Verstärker (Bild 22 und 23) liefert einen Wechselstrom konstanter Frequenz für den Synchronmotor. Änderungen der Frequenz und damit der Arbeitsgeschwindigkeit des ganzen Systems werden durch Auswechseln der Stimmgabeln und — in kleineren Stufen — durch Zusatzgewichte auf den Stimmgabelzinken

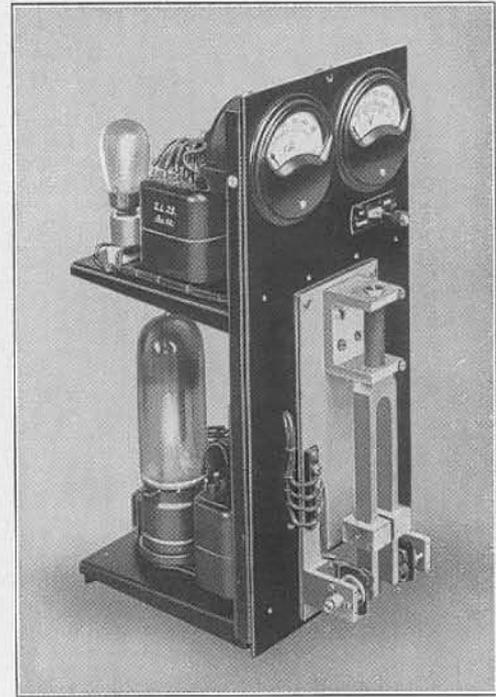


Bild 22. Stimmgabelgenerator.

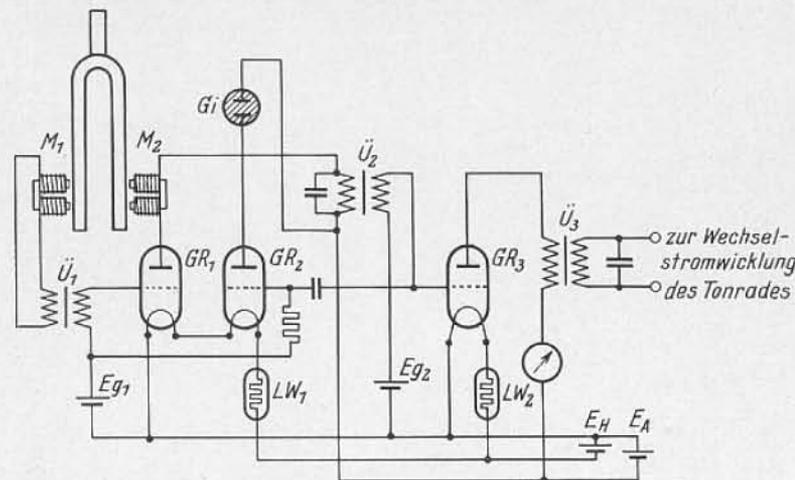


Bild 23. Schaltung des Stimmgabelgenerators.

erreicht. Bei der Empfängerstimmgabel (Bild 24) sind die Gewichte auf den Zinken gleitend angeordnet und an Stahldrähten befestigt, sodaß die gewünschte Voreilung gegenüber dem Sender während des Betriebes eingestellt werden kann. Zur Überwachung des lokalen Synchronismus zwischen Stimmgabel und Tonrad dient eine Stroboskoptrommel auf der Motorachse, die von einer mit der Stimmgabelfrequenz beschickten Glimmlampe von innen beleuchtet wird.

Das Tonrad trägt nur ruhende Wicklungen. Lediglich mit Rück-

sicht auf die Verdrehung des Tonradstators erhielt das Tonrad des Empfängers (Bild 25) Schleifringe. Für die Rückstellung ist ein dauernd umlaufendes Zahnrad vorgesehen, welches auf eine Reibungskupplung wirkt. Diese ist im allgemeinen angehalten. Bei jedem Ansprechen des Korrektionsrelais wird ein Magnet betätigt, der die Kupplung für eine Umdrehung freigibt. Dabei nimmt

sie ein Getriebe mit, welches in den Zahnkranz des Tonrades eingreift. Es ist sehr wesentlich, daß die Rückstellung sich auf die Zeit einer ganzen Verteilerumdrehung erstreckt; sie erfolgt dadurch so langsam und stoßfrei, daß keine merkliche Belastung des Tonrades entsteht. Die gesamte Leistungsfähigkeit des Tonrades bleibt also für die übrigen Einflüsse — Änderung der Reibungswerte, des Drehmoments des Gleichstrommotors usw. — zur Verfügung.

Verteiler und Kontakteinrichtungen für kleinen und großen Speicher sind mit senkrechten Achsen nebeneinander angeordnet. Sie besitzen umlaufende Nockenscheiben, von denen aus feststehende Kontakte mechanisch gesteuert werden. Beim Sendeverteiler entspricht die Kontaktzeit jedes Federsatzes einer vollen Impulslänge; beim Empfängerverteiler dagegen ist sie auf  $\frac{1}{4}$  der Impulslänge verkürzt. Im Gegensatz zu den Verteilern betätigen die Speicherkontakteinrichtungen nur vorbereitende Kontakte, die nicht unter Strom öffnen und schließen, deren Kontaktzeiten daher viel weniger genau eingehalten zu werden brauchen. Die wahlweise Einschaltung des großen oder kleinen Speichers erfolgt mit einem Vielfach-Umschalter, der sich unter dem Stimmgabelgenerator befindet.

Die wesentlichsten Teile des Druckers (Bild 26) sind von der mechanischen Fernschreibmaschine von Siemens & Halske übernommen. Er besitzt Motorantrieb und Abdruck mit Typenhebeln und Farbband, sodaß stets einwandfreier Druck gewährleistet ist. Die Auswahl der abzudruckenden Type erfolgt in der üblichen Weise mit Hilfe von fünf verschiebbaren Wählschienen, die an ihrer oberen Seite Einschnitte besitzen. Die fünf polarisierten Druckerrelais  $DR_1 \dots 5$  (Bild 27) werden, wie bereits erwähnt, bei jeder Verteilerumdrehung in ihre Ruhelage zurückgestellt, sodaß die Anker  $r_1 \dots 5$  am linken Kontakt liegen. Unmittelbar danach erfolgt über eine andere Wicklung der Druckerrelais die Entladung der Speicherkondensatoren, soweit sie entsprechend der Impulskombination geladen waren.

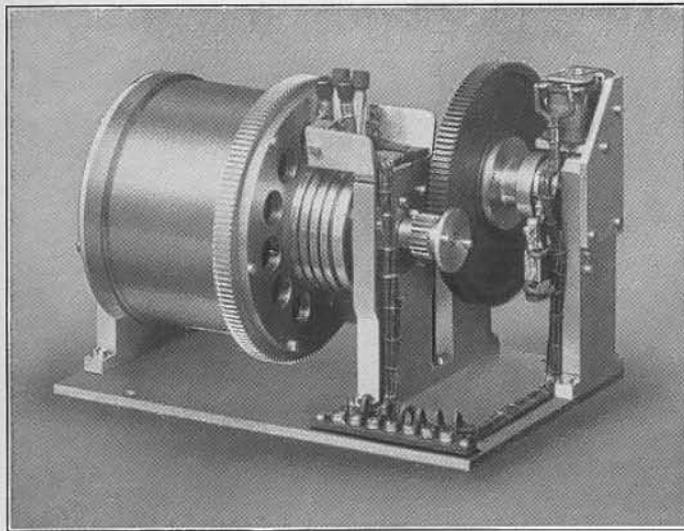


Bild 25. Tonrad des Empfängers.

Diejenigen Relaisanker, die dann nach rechts (Arbeitslage) umgelegt sind, schalten den Stromkreis des zugeordneten Wählmagneten WM ein, dessen Anker unmittelbar in eine der Wählschienen eingreift und sie seitlich verschiebt. Anschließend wird durch einen Verteilerkontakt der Auslösemagnet AM betätigt, der die Kupplung der Druckerachse mit dem Motor bewirkt und damit den Druckvorgang einleitet. Mit der Rückstellung der Druckerrelais werden die Wählmagnete stromlos und lassen die Wählschienen unter dem Einfluß ihrer Rückführfedern in die Ruhelage zurückkehren. Der Auslösestromkreis ist über die Ruhekontakte geführt. Bei Eintreffen von Pausenzeichen (5-Minus-Impulse) erfolgt daher keine Auslösung des Druckers.

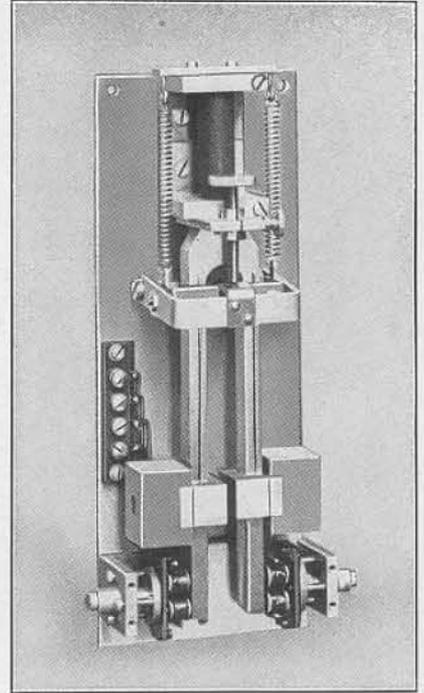


Bild 24. Empfängerstimmgabel.

Obwohl für den Betrieb des Mehrfachtelegraphen die normalen Gleichrichter des Morsebetriebes brauchbar sind, wurde ein Gleichrichter entwickelt (Bild 28), der besonders für das Arbeiten mit hohen Telegraphiergeschwindigkeiten bei geringen Verzerrungen und unter Zulassung möglichst großer Laut-

stärkeschwankungen geeignet ist. Die Erfüllung dieser Forderungen wurde durch Gegentaktverstärkung mit beiderseitiger automatischer Pegelregulierung und Vibrationsschaltung des Gleichrichterrelais (Gulstadschaltung) erreicht.

Für die betriebsmäßige Einregelung des Gerätes sind besondere Vorkehrungen getroffen. Dazu

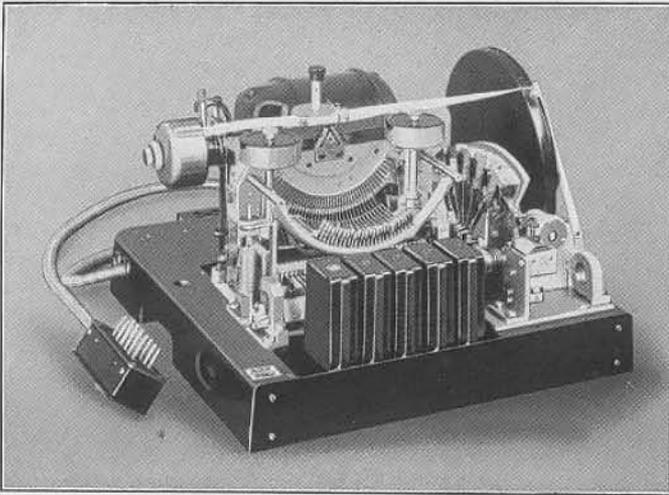


Bild 26. Drucker mit abgenommener Schutzkappe.

gehört zunächst die Veränderung der Geschwindigkeit, die in den Grenzen von 120 bis 240 U/min am Verteiler möglich ist. Bei einer mittleren Geschwindigkeit von 180 U/min und doppelter Aussendung der Zeichen (3 Kanäle) ergibt sich dann eine Gesamtleistung von  $3 \times 180 = 540$  Zeichen/min = 90 w. p. m. Zur Einstellung der richtigen Voreilung des Empfängers wird vom Sender auf allen Kanälen ein Pausenzeichen gesendet (31 Minus- und 1 Plus-Impuls) und an den Anker des Empfangsrelais eine Glimmlampe angeschlossen. Die Glimmlampe dient zur stroboskopischen Beobachtung eines Zeigers am Empfangsverteiler, der unmittelbar die Voreilung erkennen läßt.

Diese Einstellung ist wegen der Konstanz

der Stimmgabeln nur einmal zu machen, solange mit gleichbleibender Geschwindigkeit gearbeitet wird. Bei der täglichen Betriebseröffnung sind nur die Schalter am Gestell einzulegen, die Stimmgabel beginnt dann selbsttätig zu schwingen, ebenso läuft der Motor in den örtlichen Synchronismus. Dann braucht der Sender, sofern die drahtlose Verbindung eingeregelt ist, nur so lange Pausenzeichen zu senden, bis der Empfänger nach etwa einer Minute ebenfalls selbsttätig die richtige Phasenstellung erreicht hat.

Die tatsächliche Wirkung des Vordanspeichers wurde bei Gelegenheit drahtloser Versuche im Juli bis August 1931 zwischen Berlin (Transradio) und New York (RCA) festgestellt. In Richtung Berlin — New York wurde der 200 kW Maschinensender dfw auf Welle 13000 m eingesetzt, in umgekehrter Richtung arbeiteten abwechselnd die Sender wii mit 150 kW Maschinenleistung auf Welle 13750 m und wqk mit 200 kW auf Welle 16465 m. Die atmosphärischen Verhältnisse waren in diesem Sommer besonders ungünstig, sodaß die Störfeldstärke praktisch stets ein Vielfaches der Signalfeldstärke war. Z. B. war oft in der Empfangsstelle Geltow die Lautstärke des amerikanischen Senders gegenüber den atmosphärischen Störungen so gering, daß der Sender auch am Doppelgoniometer nicht mehr eingestellt werden konnte.

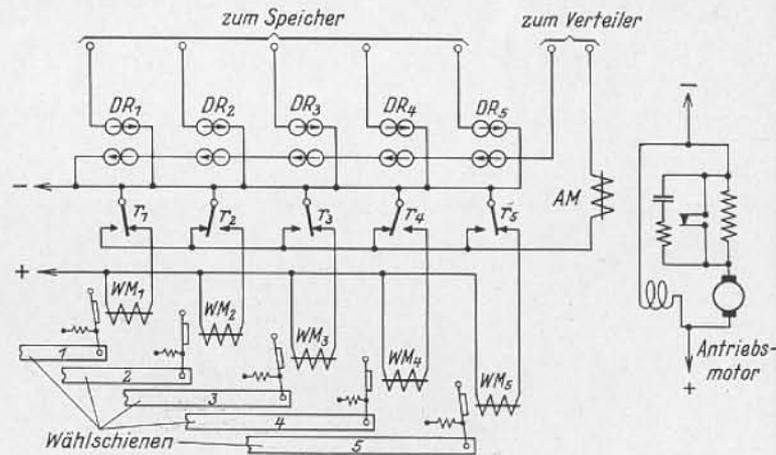


Bild 27. Schaltung des Druckers.

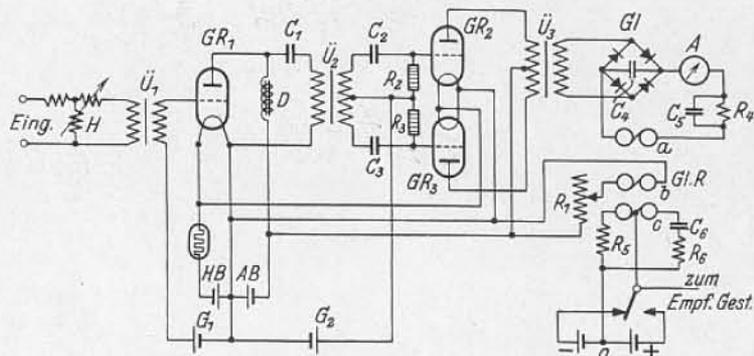


Bild 28. Schaltung des Gleichrichters.

Bei Vergleichsversuchen ohne Speicher, mit kleinem und großem Speicher wurden für die Zahl der gestörten Impulse folgende Werte festgestellt:

	Zahl der Übermittlungen	Versuch 1		Versuch 2	
		Beobachtet	Gestörte Errechnet	Impulse Beobachtet	Errechnet
Ohne Speicher	1	36 %	—	5,36 %	—
Kleiner Speicher	2	12,0 %	12,9 %	0,12 %	0,29 %
Großer Speicher	3	4,7 %	4,7 %	0,04 %	0,02 %

Diese Ergebnisse zeigen eine mit Rücksicht auf die kurze Versuchsdauer zufriedenstellende Übereinstimmung der beobachteten mit den berechneten Fehlerzahlen.

Einen Vergleich zwischen der Leistung des Mehrfachtelegraphen mit dem normalen Morsebetrieb zeigt die folgende Tabelle, die ebenfalls bei den Versuchen zwischen Berlin und New York gewonnen wurde. Die Versuche wurden bei dreifacher Übermittlung durchgeführt. Die zum Vergleich angegebene Morselesbarkeit wurde von den Beamten der RCA auf Grund des Rekorder- und Hörempfangs geschätzt.

Übermittelte Zeichenzahl	Fehlerzahl	Leistung	Morselesbarkeit
16000	0,31 %	43 wpm	12/2 bis 30/2 wpm <sup>1)</sup>
25000	0,26 %	43 wpm	25/1 wpm
55000	0,23 %	43 wpm	20/1 wpm
39000	0,16 %	30 wpm	18/1 wpm
39000	0,05 %	30 wpm	25/1 wpm
28000	0,12 %	30 wpm	20/1 wpm

Ein Beispiel für die Stärke der Störungen und die Verstümmelung der Impulse, bei denen der Druckempfang noch fehlerfrei war, gibt Bild 29. Für den Empfang wurden die Zeichen der oberen Kurve benutzt; die untere Kurve zeigt dasselbe Signal unter Verwendung einer Siebkette, wie sie für Hörempfang üblich ist. Der hohe Geräuschpegel bei dem nur schwach hörbaren Sender bedingte eine so starke Verflachung der

Telegraphierzeichen, daß eine einwandfreie Wiedergabe nur durch die Vibrationsschaltung des Gleichrichterrelais möglich war.

Das Ergebnis dieser Versuche zeigt, daß ein Druckbetrieb möglich ist, solange der Schreibempfang mit Morse durchgeführt werden kann. Da aber infolge der genannten

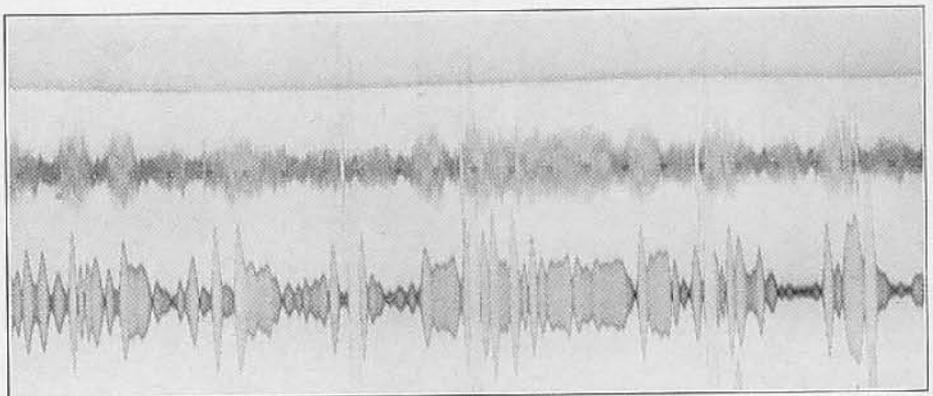


Bild 29. Eintreffende Signalimpulse mit Störungen bei noch einwandfreiem Empfang (obere Kurve).

außerordentlich ungünstigen Hochfrequenzverhältnisse auch der Morsebetrieb mit verringerter Geschwindigkeit nicht für das ganze Jahr gewährleistet war und wesentliche Änderungen an den Sendern (besonders Erhöhung der Sendeenergie) nicht in Frage kamen, wurde von der betriebsmäßigen Einschaltung der Geräte abgesehen.

<sup>1)</sup> 12/2 = 12 wpm doppelt übertragen (Leistung 6 wpm)  
25/1 = 25 wpm einfache Übertragung.

Im praktischen Betrieb befindet sich der Siemens-Mehrfachtelegraph seit dem Herbst 1931 in beiden Richtungen zwischen Berlin und Moskau. Dabei wird in Berlin mit einem 20 kW-Röhrensender auf 3800 bis 8150 m und in Moskau mit einem 40 kW-Röhrensender auf 3472 m gesandt. Bei dem Versuchsbetrieb ergab die Auswertung von rund 3 Millionen Zeichen eine Fehlerzahl von 0,05%. Dabei wurde fast ausschließlich mit zweifacher Übermittlung und einer Übertragungsleistung von 9 Zeichen/s (90 wpm) gearbeitet.

Diese Verbindung ist seit dieser Zeit täglich im Betrieb. Außer den selbstverständlichen Vorteilen des Typendrucks ergab sich eine Abnahme der Rückfragen und eine Beschleunigung des Verkehrs. Z. B. wurden von den im Lauf eines Jahres (Dez. 32 bis Nov. 33) in Richtung Berlin -- Moskau übermittelten 113500 Telegrammen befördert:

über den Mehrfachtelegraphen . . . .	95400
durch den Funk-Morsebetrieb . . . .	12400
durch den Draht-Morsebetrieb . . . .	5700

Die Zahl der Rückfragen war dabei:

beim Mehrfachtelegraphen . . . . .	8,6%
beim Funk-Morsebetrieb . . . . .	10,4%
beim Draht-Morsebetrieb . . . . .	10,1%

Es ließ sich an dieser Verbindung ebenfalls zeigen, daß die mit dem Mehrfachtelegraphen betriebene drahtlose Strecke sich unmittelbar in das Netz der normalen Leitungstelegraphie einfügt. So wurde z. B. versuchsweise eine Verbindung Moskau -- Genf hergestellt, bei der die drahtlos betriebene Strecke Moskau -- Berlin mit der mit Springschreibern arbeitenden Wechselstrom-Telegraphie Berlin -- Genf durch Lochstreifenübertrager unmittelbar verbunden wurde. Es ist klar, daß ein derartiger Betrieb der drahtlosen Telegraphie neue Möglichkeiten schafft.