


SIEMENS
WEITVERKEHRS
TECHNIK

ECHOGRAPH
für Fehlerortung an Fernsprechleitungen
Rel 3 L 93

Beschreibung und Bedienung



ECHOGRAPH

für Fehlerortung an Fernsprechleitungen

Rel 3 L 93

I. Anwendung	3
II. Elektrische Werte	6
III. Arbeitsweise	8
IV. Bedienungsanleitung	13
V. Zubehör, Maße und Gewichte	30

1. Anwendung

Dieses Gerät - es arbeitet nach dem Prinzip der Impulseecho-Auswertung - dient zur Fehlerortung an symmetrischen und unsymmetrischen Fernmeldeleitungen. Mit ihm wird nicht nur die Fehlerentfernung ermittelt; aus der Form des Echoimpulses kann auch auf die Fehlerart, z.B. Wellenwiderstands-Erhöhung oder -Erniedrigung, geschlossen werden. Außerdem ergibt die Echoamplitude ein ungefähres Maß für die Fehlergröße. Mit dem Gerät lassen sich z.B. Kurzschlüsse an erdfreien Adern, Erdschlüsse, Aderunterbrechungen usw., allgemein der Ort von Wellenwiderstands-Abweichungen auffinden. Allmählich entstehende Leitungsfehler können bei regelmäßiger Überwachung schon erkannt werden, bevor sie sich auf den Betrieb der Fernsprechsyste me auswirken. Ein besonderer Vorzug des Meßverfahrens ist es, daß auch kurzzeitig auftretende Fehler, z.B. Wackelkontakte, bequem als solche zu erkennen und zu orten sind.

Es können Freileitungen bis zu einer Länge von 200 km sowie symmetrische und koaxiale Kabel bis zu einer Länge von etwa 10 bis 20 km geprüft werden. Durch den Einsatz des Echographen an beiden Enden der Leitung können Freileitungen bis zu 400 km und Kabelleitungen von etwa 20 bis 40 km Länge untersucht werden. Auch bei alladrigen Nebenschlüssen und Unterbrechungen ist die Ortung schnell und genau durchführbar, die z.B. bei Gleichstrom-Messungen nur mit großem Aufwand gelingt und unter Umständen ungenaue Ergebnisse hat. Dabei werden alle vor einem Totalfehler (Aderbruch oder Kurzschluß) liegenden Wellenwiderstands-Abweichungen entsprechend ihrer richtigen Entfernung angezeigt. Nach der Beseitigung des Totalfehlers sind auch unter Umständen dahinter liegende im Schirmbild erkennbar und einzeln meßbar.

Die Genauigkeit der Messung ermöglicht es, an Freileitungen den Fehlerort bis auf etwa zwei Mastfelder zu bestimmen. Mit einer Hilfs-Stoßstelle, wie sie z.B. beim Anklempfen eines Fernsprechapparates entsteht, kann der Fehlerort noch genauer bestimmt werden. Bei Leitungen, die für beweglichen Einsatz aus einzelnen Längen mit Kupplungsstücken zusammengesetzt sind, läßt sich die gestörte Länge oder auch die schadhafte Kupplung angeben.

An Erdkabeln ist ein weitentfernter Fehlerort auf 30 bis 80 m genau bestimmbar. Da fast immer Reflexionsstellen bekannter Entfernung, z.B. Verteiler, Muffen, Pupinspulen usw., vorhanden oder bei Arbeiten an den Spleißstellen leicht herstellbar sind, kann auch in diesem Fall die Ortungsgenauigkeit durch eine Relativmessung weiter erhöht werden.

Ferner ermöglicht der Echograph die Ortung von Nahnebensprech-Kopplungen. Sind z.B. in einem Fernsprechkabel die Adern a und b innerhalb eines Spleißes vertauscht und innerhalb eines zweiten noch einmal (Rückkreuzung), so kann diese Leitung benachbarte Kreise durch starkes Nahnebensprechen stören. Der Echograph

zeigt beide Vertauschungsstellen eindeutig ihrem Ort entsprechend durch zwei Impulse verschiedener Richtung an. Diese Möglichkeit läßt sich zusammen mit der Ortung von Wellenwiderstands-Änderungen beim Entspulen von Kabeln vorteilhaft auswerten. Hier ist ein Auffinden von falschen Ausgleichskondensatoren, Spulen, Kreuzungs- oder Spleißfehlern schnell und eindeutig durchführbar.

Es ist weiterhin in einfacher Weise möglich, Anpassungen im TF-Bereich, z.B. an Einführungskabeln, Impedanzwandlern und Abschlußwiderständen, zu beurteilen. Auch beim Abgleich des Wellenwiderstands-Verlaufes entlang einer Verzögerungskette z.B. aus LC-Gliedern erzielt man nach dem gleichen Verfahren erhebliche Zeitersparnisse.

Mit Rücksicht auf seinen beweglichen Einsatz beim Meß- oder Montagedienst ist der Echograph möglichst klein und widerstandsfähig gehalten. Er zeichnet sich auch durch besonders einfache Bedienung und durch hohe Konstanz der Entfernungseichung aus.

Die Betriebsspannungen liefert über den eingebauten Netzteil das Wechselstromnetz 110/220 V. Das Gerät kann aus einer Batterie über einen Einanker-Umformer oder mit einem Motoraggregat betrieben werden.

11. Elektrische Werte

Sendepuls:

	Kabel	Freileitung
Pulsfolgefrequenz	etwa 3 kHz	etwa 360 Hz
Sendepuls-Amplitude	etwa 40 V _{SS} (an 125 Ω)	etwa 140 V _{SS} (an 600 Ω)
Fußpunktsbreite des Impulses		etwa 1 μs
Anstiegszeit des Impulses		etwa 0,1 μs

Horizontalauslenkung:

Meßbereich	0 bis 150 μs	0 bis 1400 μs
entspricht für ε = 1,08	etwa 22 km	etwa 200 km
entspricht für ε = 5	etwa 10 km	-
Zeitmaßstab (Basis) für die Darstellung auf der Bildröhre		
Übersicht	0 bis 150 μs	0 bis 1400 μs
Lupe ¹⁾ , fest	0 bis 5 μs	-
verschiebbar in Schritten von	15 μs	70 μs

Vertikalauslenkung:

Frequenzbereich	etwa 5 bis > 2000 kHz	
Verstärkung bei 5 kHz	etwa 35 db	
nach annähernd log. Anstieg bei 400 kHz	etwa 95 db	
Wellenwiderstands-Änderung Δ Z/Z, noch gut erkennbar		
bei größter meßbarer Laufzeit	> 10 bis > 30%	> 30% ²⁾
bei vernachlässigbarer kleiner Leitungsdämpfung	< 1%	< 1%
Unsymmetriedämpfung des Eingangs X' für die Ortung von Nahnebensprech-Kopplungen	> 70 db	

Gabelschaltung für symmetrische und
 unsymmetrische Leitungen:

Unsymmetriedämpfung des Eingangs X
 zwischen 10 und 500 kHz > 70 db

Widerstandsbereich
 der eingebauten Nachbildung 60 bis 190 Ω | 510 bis 640 Ω

Netzanschluß 110/220 V \pm 10%; 48 bis 60 Hz; etwa 75 VA

-
- 1) "Lupe" bezeichnet hier eine Einrichtung, die durch eine Erhöhung der X-Ablenkgeschwindigkeit eine in horizontale Richtung gedehnte Darstellung des Echobildes ermöglicht. Um den Gesamtablenk-Bereich beobachten zu können, ist durch Verzögerung des Einsatzes der Strahl-Ablenkung eine "Verschiebung" der "Lupe" über den ganzen Meßbereich vorgesehen.
 - 2) Wenn Störpegel zwischen den Adern -70 db nicht überschreitet.

III. Arbeitsweise

Fehler in einer Leitung stellen sich als Wellenwiderstands-Sprünge am Fehlerort dar (Stoßstellen). Zur Feststellung solcher Wellenwiderstands-Unregelmäßigkeiten wird ein Spannungsimpuls bestimmter Form auf den Anfang der Leitung gegeben. Mit der Fortpflanzungs-Geschwindigkeit wandert er längs dieser Leitung bis zu einem Verbraucher oder Abschlußwiderstand. Von den (zu ortenden) Stoßstellen läuft ein Teil der Impulse als Echo an den Anfang der Leitung zurück. Die Zeit zwischen der Aussendung des Sendeimpulses und der Ankunft der Echoimpulse bei bekannter Ausbreitungsgeschwindigkeit stellt ein Maß für die Entfernung der Stoßstelle dar; sie wird gemessen. Ist die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit unbekannt, dann läßt sie sich durch eine Messung leicht mit dem Gerät bestimmen. Bei Messungen am gleichen Leitungstyp kann man sich zur raschen Ermittlung der Fehlerentfernung aus der gemessenen Zeit Kurvenscharen oder Tabellen ($l = \frac{v}{2} \cdot t$) aufstellen. Die Amplitude der Echoimpulse im Verhältnis zum Sendeimpuls ist ein Maß für die Größe der Wellenwiderstands-Abweichung. Ein Reflexionsfaktor r kann durch einen Fehlabschluß am Ende der Leitung oder eine Stoßstelle innerhalb der Leitung erzeugt werden.

$$\text{Fehlabschluß: } r = \frac{X-Z}{X+Z}$$

$$\text{Stoßstelle: } r = \frac{Z}{2X'+Z}$$

Darin bedeuten: Z = Wellenwiderstand der ungestörten Leitung, X = Wellenwiderstand des Abschlusses und X' = Wellenwiderstand einer Stoßstelle innerhalb der Leitung.

Durch die Möglichkeit, die gesamte meßbare Länge oder mit $S1$ wählbare Teilbereiche auf dem Bildschirm darstellen zu können, läßt sich eine sehr hohe Meß-

sicherheit erzielen. Die Dehnung der Teilbereiche beträgt für Kabel 10:1, die Zeitbasis also entsprechend $15 \mu\text{s}$; für Freileitungen ist die Dehnung 20:1, entsprechend einer Zeitbasis von $70 \mu\text{s}$. Die gedehnte Zeitbasis läßt sich durch eine stufenweise Verzögerung der Zeitablenkung über den gesamten Meßbereich ($150/1400 \mu\text{s}$) verschieben. Die Laufzeit setzt sich dann aus der Verzögerungszeit (ablesbar an S1) und der auf dem Bildschirm abgelesenen Zeit (Bild 5) zusammen. Für Kabel gibt es außerdem noch einen nicht verschiebbaren Bereich mit einer Zeitbasis von $5 \mu\text{s}$, der die Untersuchung kurzer Kabelstrecken, z.B. Einführungskabel, Verteilerkabel usw., gestattet.

Bild 1 zeigt das Blockschaltbild des Echographen. Zur Messung nach dem Impulsecho-Verfahren ist es notwendig, die Erzeugung des Sendeimpulses und der Zeitablenkung für die Anzeigeröhre starr miteinander zu koppeln. Hierzu wird ein selbsterregter, sog. astabiler Multivibrator als Steuergenerator verwendet. Von seinem positiven Rechtecksprung wird sowohl der Beginn der Zeitablenkung für die Kathodenstrahlröhre als auch der Sendeimpuls abgeleitet. Dieser Multivibrator schwingt mit einer Frequenz, die für Kabel mit etwa 3 kHz und für Freileitungen mit etwa 360 Hz festgelegt und mit den Schaltern S2 und S3 wählbar ist. Die Rechteckspannung des Multivibrators wird differenziert und begrenzt, so daß am Ausgang des Differenziergliedes positive Impulse zur Steuerung der Verzögerungsschaltung zur Verfügung stehen.

Die Zeitkonstante dieses Multivibrators ist in Stufen mit S1 umschaltbar; sie bestimmt die Größe der Verzögerungsschritte (15 und $70 \mu\text{s}$). Die Genauigkeit ihrer Einstellung erhöht sich durch geeignete Steuerimpulse. Durch die Zeitkonstante des monostabilen Multivibrators werden aus einer fortlaufenden Kette von Impulsen in Abstand von 15 (70) μs die Impulse ausgewählt, die der benötigten Verzögerungszeit entsprechen. Die Genauigkeit der Verzögerungsschritte ist also durch

die Genauigkeit des Abstandes dieser Auslöse-Impulse gegeben. Sie werden, da sie mit den übrigen Vorgängen synchron laufen müssen, von einem Sinusgenerator geliefert, der von dem Steuergenerator getastet wird. Dieser Oszillator schwingt im Bereich "Kabel" der Schalter S2 und S3 auf $66,666 \text{ kHz} \pm 15 \mu\text{s}$ und im Bereich "Freileitung" auf $14,285 \text{ kHz} \pm 70 \mu\text{s}$. Die an seinem Ausgang entstehende Sinusspannung wird begrenzt, das entstandene Rechteck differenziert und wieder begrenzt. Die so erzeugten Steuerimpulse mit den gewünschten Abständen von $15(70) \mu\text{s}$ werden dann auf den Multivibrator gegeben.

Diese Steuerung der Verzögerungsschaltung hat den Vorzug, daß die Genauigkeit nur von der eines Sinusgenerators bestimmt wird, die leicht sehr hoch gemacht werden kann.

Die Ausgangsspannung des Sinusgenerators, von der sich die Steuerimpulse für den monostabilen Multivibrator ableiten, wird in einem besonderen Zweig der Schaltung begrenzt. Die hierdurch entstandene, trapezförmige Spannung kann über S4 (Stellung ▼) zur Prüfung der Zeitbasen ($15, 70, 150$ und $1400 \mu\text{s}$) auf die Bildröhre geschaltet werden.

Zur Festlegung des Meßzeitpunktes Null wird der erste Steuerimpuls verwendet. Er wird zusammen mit dem Rechteck des Steuergenerators auf die Integrier- und Addierschaltung gegeben und zum Zünden des Sendeimpulsgenerators verwendet.

Am Ausgang der Verzögerungsstufe entsteht eine Rechteckspannung mit starr synchronisierter negativer Flanke und mit gegenüber dieser in Stufen von $15 \mu\text{s}$ (bei Freileitung $70 \mu\text{s}$) verschiebbarer positiver Flanke. Diese verzögerbare positive Flanke steuert einen Integrator (Miller-Integrator), der eine Sägezahn-Spannung mit hoher Linearität unmittelbar auf die Zeitplatten der Braunschen Röhre gibt. Die Zeitkonstante des Integrators ist zur Einstellung der verschiedenen Ablenk-

zeiten für Übersicht und Teilbereiche umschaltbar (S1, S2, S3) und mit dem Verzögerungsglied gekoppelt. Dadurch werden die verschiedenen Kombinationen, z.B. für Kabel 0 bis 150 μ s, 0 bis 5 μ s, 0 bis 15 μ s + Verzögerungszeiten 15, 30,135 μ s eingestellt; für Freileitung 0 bis 1400 μ s, 0 bis 70 μ s + 70, 140,1330 μ s.

Der astabile Multivibrator (Steuergenerator) steuert außerdem über eine Integrier- und Addierschaltung den Sendeimpulsgenerator (Thyratron), dessen Ausgangsimpuls über einen Impuls-Symmetrieübertrager auf eine Gabelschaltung (die im Prinzip der Gabelschaltung bei Fernsprechleitungen gleicht) gegeben wird. Diese ist im Echographen mit einem Differentialübertrager aufgebaut und dient zur Trennung des Sendeimpulses von den Echoimpulsen. Für die meisten Anwendungsfälle des Echographen genügt zur Nachbildung des Leitungs-Scheinwiderstandes ein rein ohmscher Widerstand P3. Für Sonderfälle ist es möglich, parallel zu diesem Widerstand noch die Zusatz-Nachbildung Rel 3 B 338 zu schalten, die dem Gerät beigegeben ist.

Die Echospannungen führen an den Eingang des Vertikal-Verstärkers, der aus einem Empfindlichkeitsregler (P2), zwei Verstärkerstufen, einer Phasenumkehrstufe und einer Gegentaktstufe besteht. Dieser hat zum Ausgleich der Leitungsdämpfung zwei besondere Eigenschaften:

1. einen frequenzabhängigen Verstärkungsanstieg, der ungefähr dem mittleren Dämpfungsanstieg der Leitungen entspricht, und
2. eine zeitabhängige selbsttätige Verstärkungsregelung.

Um mit dem Echographen die Entfernung einer Nahnebensprech-Kopplungsstelle messen zu können, ist es notwendig, auf der störenden Leitung den Impuls zu senden und die über die Kopplungsstelle in die gestörte Leitung gelangenden Teile dieses Impulses zu empfangen. Für diese Messung muß also der Sendeimpuls-Genera-

tor und der Verstärker des Echographen, die für die Ortung von Wellenwiderstandsänderungen über die Gabelschaltung gemeinsam am Meßobjekt liegen, voneinander getrennt werden. Dies geschieht durch einen Umschalter im Eingang des Verstärkers. Er ist so auf der Buchse X' befestigt, daß die Umschaltung selbsttätig beim Anschließen der gestörten Leitung an diese Buchse erfolgt.

Durch die Verwendung eines Differentialübertragers als Gabel und eines Symmetrierübertragers im Verstärkereingang X' ist eine gute Symmetrie der Eingänge des Gerätes gewährleistet.

IV. Bedienungsanleitung

1. Vorbereitungen

Der Echograph ist bereits im Werk mit Röhren bestückt und für eine Netzspannung von 220 V geschaltet. Mit der Umstecksicherung kann leicht auf eine Netzspannung von 110 V umgeschaltet werden. Dazu Sicherung (an der Rückseite des Geräts) herausschrauben und Fassungsdeckel, unter dessen Fenster "220" steht, abziehen. Deckel um eine Teilung nach links drehen und wieder einsetzen, so daß unter dem Fenster "110" erscheint. Der Schmelzeinsatz von 1 A ist für beide Netzspannungen ausreichend.

Vor allen weiteren Maßnahmen ist das Gerät zu erden.

2. Ortung von Wellenwiderstands-Änderungen

- 2.1 Einstellen der Bedienungselemente vor Beginn der Messung (Bilder 2 und 3). Strich von S4 waagrecht (Meßstellung); Verstärkungsregler P2 auf kleinsten Verstärkungsgrad "⊙" (darauf auch nach Durchführen des Punktes 2.4 achten); P1 und P3 auf rechten Anschlag; S2 und S3 (hinter der Seitentüre des Geräts) auf die jeweils benötigte Meßart, also Kabel (beide Striche waagrecht) oder Freileitung (beide Striche senkrecht) stellen. Laufzeit-Meßschalter S1 auf die Übersichts-Zeitbasis "0...150 μ s" für den Meßbereich Kabel oder "0...1400 μ s" für den Meßbereich Freileitung. Für die Unterscheidung der beiden Meßbereiche des Echographen an den Bedienungselementen sind die entsprechenden Zahlen oder Zeichen mit Farben ausgelegt. Die Angaben für den Meßbereich Kabel sind rot, die für den Bereich Freileitung schwarz/weiß ausgeführt.
- 2.2. Einsetzen der für den gewählten Meßbereich notwendigen Skale in die Blende (Auswechseln durch Drehen mit anschließendem Abziehen der Blende).

- 2.3. Anschluß der zu untersuchenden Leitung an die Buchsen X. Es können sowohl symmetrische als auch unsymmetrische Leitungen angeschlossen werden. Gleichspannungsfreie Leitungen unmittelbar, Leitungen mit Gleichspannung bis zu 100 V über den Aufsteckkondensator Re1 3 B 3101 anschließen.
- 2.4. P2 steht bereits auf "⊙" (s. 2.1), Betriebskontrolle durch die Signallampe auf der Frontplatte rechts oben.
- 2.5. Nach etwa 30 s erscheint auf der Braunschen Röhre ein Leuchtstrich. Helligkeits- und Schärfeeinstellung mit R158 und R160 (unter der Seitentür des Gerätes)^{+) .}
- 2.6. Wenn der Regelwiderstand R18 richtig eingestellt ist, erscheint kurz nach dem Leuchtstrich der Sendeimpuls auf der Sichtröhre. Durch Verändern von R18 (unter der Seitentür des Gerätes) kann auf der linken Hälfte der Sichtröhre ein ruhig stehender Impuls eingestellt werden.
- 2.7. Messen im Bereich Übersicht "0...150 μ s", "0...1400 μ s"; überschlägige Bestimmung eines Fehlerortes:
- 2.71 Diese Messung soll einen Überblick über die Beschaffenheit der gesamten zu untersuchenden Leitung geben und eine grobe Festlegung des gesuchten Fehlerortes erlauben. Sie ist nur sinnvoll, wenn Anfangs- und Endreflexion der Meßstrecke genügend weit auseinander liegen, die der gesamten Leitungs-

^{+) Geringe Randunschärfe ist durch unsymmetrischen Betrieb eines Plattenpaares der Bildröhre möglich, ebenso eine leichte Krümmung des Anfangs der Leuchtlinie nach oben oder unten, besonders im Meßbereich "Kabel". Außerdem werden in dieser Stellung des Schalters S1 meist kleine positive und negative Impulse mit einer Amplitude von ± 1 mm und einem Abstand von jeweils 15 μ s oder 70 μ s abgebildet. Sie stören die später durchzuführende Messung nicht, können dagegen gegebenenfalls als Zeitmarkierung verwendet werden.}

länge entsprechende Laufzeit also im Meßbereich Kabel $> 15 \mu\text{s}$, im Bereich Freileitung $> 150 \mu\text{s}$ ist. Für kleinere Gesamtlaufzeiten ist nach 2.8 zu verfahren.

- 2.72 Für die meisten Messungen genügt zur ausreichenden Unterdrückung des Sendeimpulses die im Gerät eingebaute Nachbildung (P3). Durch Drehen dieses Knopfes wird der auf der Braunschen Röhre sichtbare Sendeimpuls auf ein Minimum eingestellt. Anschließend ist mit P2 der Verstärkungsgrad des Verstärkers so weit zu erhöhen, daß der Sendeimpuls-Rest wieder mit einer dem Bildröhren-Durchmesser entsprechenden Amplitude abgebildet wird. Dieser Rest wird wieder mit Hilfe von P3 auf ein Minimum gebracht, der Verstärkungsgrad wieder erhöht usw., bis das Minimum nicht mehr verbessert werden kann oder der verbleibende Sendeimpuls-Rest den gesuchten Echoimpuls nicht mehr verfälscht. Sollte die eingebaute Nachbildung zur ausreichenden Unterdrückung des Sendeimpulses nicht mehr ausreichen, so kann die mitgelieferte Zusatznachbildung Rel 3 B 388 verwendet werden. Sie ist bei der Lieferung im Deckel des Echographen untergebracht. Zur Verbesserung der Sendeimpuls-Unterdrückung wird sie in die mit Rel 3 B 388 bezeichneten Buchsen(hinter der Seitentür) gesteckt und der Abgleich, wie schon oben für die eingebaute Nachbildung beschrieben, durch abwechselndes Drehen an den Knöpfen der Zusatznachbildung Rel 3 B 338 und der eingebauten Nachbildung (P3) mit entsprechender Erhöhung des Verstärkungsgrades (P2) durchgeführt.
- 2.78 Vor der Messung muß der Anfang des verbleibenden Sendeimpuls-Restes auf den Skalenwert 0 gestellt werden, um den Beginn des Vorganges - die Aussendung des Impulses - festzulegen. Dazu wird mit P1 das Ende des waagerechten Anfangsstriches (Anfang des Sendeimpulses) so lange verschoben, bis es unter

dem Nullpunkt der Skale steht (Parallaxe beachten)^{*)}.

2.74 Auf dem Leuchtschirm der Braunschen Röhre ist jetzt, bei richtiger Durchführung der zuvor angegebenen Punkte, das Echogramm der gesamten zu untersuchenden Leitung zu sehen (Bild 5). Die gesuchte Laufzeit ist als Skalenwert am Punkt der ersten Abweichung des entsprechenden Echoimpulses vom Verlauf des vorhergehenden Teiles des Echogrammes abzulesen. Der Verstärkungsgrad (P2) ist dabei so einzuregeln, daß die Amplitude des gesuchten Echoimpulses etwa 10 bis 20 mm beträgt. Im Meßbereich Kabel ist die untere der beiden roten Skalen multipliziert mit 10, im Meßbereich Freileitung die obere der beiden schwarzen mit einfacher Ablesung zu verwenden. (Genauere Beispiele für die Bestimmung von Fehlerort und Fehlerart siehe 6. und 7.)

2.8. Genauere Messung der dem gesuchten Fehlerort entsprechenden Laufzeit:

2.81 Im Meßbereich Kabel kann die Messung mit zwei verschiedenen Zeitbasen vorgenommen werden: Für kurze Kabelstücke, z.B. Einführungskabel oder Verteilerkabel, mit der Zeitbasis von 0 bis 5 μ s (nicht verzögerbar, größte erfaßbare Laufzeit 5 μ s, obere der beiden roten Skalen) oder für längere Leitungen von 0 bis 15 μ s mit den Verzögerungsstufen 15 bis 135 μ s (größte erfaßbare Laufzeit 150 μ s, untere der beiden roten Skalen mit einfacher Ablesung).

Im Meßbereich Freileitung wird mit der Zeitbasis 70 μ s und den Verzögerungsstufen 70 bis 1330 μ s gemessen (größte erfaßbare Laufzeit 1400 μ s,

^{*)} Wenn der Sendeimpuls-Rest eine große Amplitude hat, kann es vorkommen, daß er auf dem Übersichtsbild verzerrt gezeichnet wird. Er beginnt dann scheinbar schon vor dem oben angeführten Ende des waagerechten Striches (vgl. Bild 4).

untere der beiden schwarzen Skalen)[†]).

- 2.82 Zeitbasis mit Schalter S1 wählen. Die Helligkeit des Lupenbildes ist in beiden Meßbereichen geringer als die des Übersichtsbildes, da die Schreibgeschwindigkeit größer ist. Nach Wahl der Zeitbasis die Helligkeit des Schirmbildes durch Drehen an R158 erhöhen, anschließend Schärfekorrektur mit R160 (beide hinter der Seitentür). Die Helligkeit soll nicht zu groß sein, da sonst der Strahlrücklauf sichtbar wird. Ist im weiteren Verlauf der Messung ein Umschalten auf die Übersichtsbasis notwendig, braucht die Helligkeit nicht wieder herabgesetzt zu werden. Das Schirmbild wird dabei nicht so hell, daß die Lesbarkeit des Echogrammes beeinträchtigt oder der Leuchtschirm beschädigt wird. Alle folgenden Messungen sind dann ohne Helligkeits- und Schärfänderungen durchführbar.
- 2.83 Anschließend die Unterdrückung des Sendeimpulses prüfen. Dies wird durch eine teilweise Wiederholung des unter 2.72 Beschriebenen erreicht. Dabei ist darauf zu achten, daß das eingestellte Minimum ein Amplitudenminimum ist, der Sendeimpuls also aus mehreren positiven und negativen Extremwerten bestehen kann. Der Sendeimpuls-Rest ist mit der Nachbildung (P3) so einzustellen, daß die erste Abweichung des Leuchtstriches von der Waagerechten nach oben verläuft (Bild 6).
- 2.84 Bei Umschaltung der einzelnen Meßbereiche für die Bildröhre ist immer eine Neueinstellung des Skalennullpunktes vorzunehmen. Bei Einschalten von Verzögerungsstufen bleibt der Nullpunkt erhalten. Nach dem Einstellen des gewünschten Meßbereichs (siehe 2.82) den Sendeimpuls-Rest neu auf den Nullpunkt der Skale mit P1 so einregeln, daß die erste nach oben gehende

[†]) Bei Messungen auf Freileitungen ist zu beachten, daß die Schalterstellung 0 bis 70 μ s (Schalter S1) zweimal vorkommt, um die Verzögerungsstufen dieses Meßbereiches zusammen mit denen des Meßbereiches Kabel schalten zu können.

(siehe 2.83) Abweichung von der Waagerechten unter dem Nullpunkt der Skale liegt (Bild 6).

2.85 Messung der Laufzeit: Verstärkungsgrad mit P2 erhöhen, bis die gesuchten Echoimpulse eine Amplitude von etwa 10 bis 20 mm haben. Dadurch wird gleichzeitig, besonders bei Verwendung der 5- μ s-Zeitbasis, die Amplitude des Sendeimpuls-Restes so weit verkleinert, daß er die Messung nicht mehr stört.

Bei Messungen ohne Verzögerungsstufen, also bei Verwendung der Zeitbasen 0 bis 5 μ s, 0 bis 15 μ s und 0 bis 70 μ s, ist die gesuchte Laufzeit zwischen dem Nullpunkt der Skale und dem Punkt der ersten Abweichung des Echoimpulses vom Verlauf des vorhergehenden Teiles des Echogramms abzulesen (Bild 5). Ausführliche Meßbeispiele und die Auswertung des Echogrammes nach Fehlerort und Fehlerart werden in den Abschnitten 6 und 7 beschrieben.

Liegt dagegen der Ort der gesuchten Wellenwiderstands-Änderung in einer Entfernung, die einer Laufzeit $> 15 \mu$ s im Meßbereich Kabel und $> 70 \mu$ s im Meßbereich Freileitung entspricht, so sind die Verzögerungsstufen zur Messung notwendig. Dazu schaltet man den Schalter S1 vom Bereich 0 bis 15 μ s (0 bis 70 μ s) eine Stellung nach rechts. In dieser Einteilung setzt die Zeitablenkung der Braunschen Röhre im Meßbereich Kabel um genau 15 μ s (im Meßbereich Freileitung um genau 70 μ s) nach der Aussendung des Sendeimpulses ein. Es sind also Laufzeiten zwischen 15 und 30 μ s (zwischen 70 und 140 μ s) meßbar. Ist der gesuchte Echoimpuls noch nicht zu sehen, so ist der Schalter S1 um eine weitere Stellung nach rechts zu verstellen. In dieser zweiten Stellung beträgt die Verzögerungszeit im Meßbereich Kabel +30 μ s, somit der Laufzeitbereich 30 bis 45 μ s. Im Meß-

bereich Freileitung dagegen ist die Verzögerungszeit +140 μ s, hier ist der Laufzeitbereich von 140 bis 210 μ s zu erfassen. Erscheint auch hier der gesuchte Echoimpuls noch nicht, so ist die Verzögerungszeit durch Rechtsdrehung des Schalters S1 entsprechend weiter zu erhöhen.

Dieses Verfahren kann wesentlich abgekürzt werden, wenn aus dem Übersichtsbild (Abschnitt 2.74) der ungefähre Fehlerort bereits ermittelt wurde. Zur genauen Messung ist dann mit S1 die nächste unter dem entsprechenden Zeitwert liegende Verzögerungsstufe einzustellen. Wurde im Meßbereich Kabel z.B. eine ungefähre Laufzeit von 70 μ s bestimmt, so ist der Schalter S1 auf eine Verzögerungszeit von +60 μ s zu schalten. Damit kann das Suchen der richtigen Verzögerungszeit erspart werden. Auf die Nullpunkt-Einstellung (s.2.84) achten!

Die mit zunehmenden Verzögerungszeiten erfaßten Echoimpulse kommen aus immer größer werdenden Entfernungen. Sie sind - bedingt durch die Leitungseigenschaften - in zunehmendem Maße gedämpft und verformt. Es ist trotz der entzerrenden Eigenschaften des Verstärkers im Echographen daher notwendig, mit der Erhöhung der Verzögerungszeit auch eine Erhöhung des Verstärkungsgrades (P2) zu verbinden. Der zunehmenden Verformung der Echoimpulse muß durch genauere Bestimmung ihres wirklichen Anfangspunktes Rechnung getragen werden. Die Verzögerungszeiten sind in den entsprechenden Stellungen von S1 für den Meßbereich Kabel mit einem Pluszeichen und roten Ziffern (z.B.: +15, +30, +45 usw.), im Meßbereich Freileitung mit einem Pluszeichen und schwarzen Ziffern (z.B.: +70, +140, +210 usw.) angegeben.

Die gesuchte Laufzeit t eines Echoimpulses setzt sich aus der eingestellten Verzögerungszeit t_1 und der auf der Bildröhre zwischen 0 und dem An-

fang des gesuchten Echoimpulses abgelesenen Zeit t_2 zusammen. Es gilt also allgemein

$$t = t_1 + t_2.$$

Wird z.B. im Meßbereich Kabel nach Einschalten der Verzögerungsstufe +15 μs auf der Bildröhre eine Zeit von 8 μs abgelesen, so beträgt die gesuchte Laufzeit: $15 + 8 = 23 \mu\text{s}$.

Bei Messungen verhältnismäßig kleiner Wellenwiderstands-Änderungen mit Hilfe der 5- μs -Zeitbasis - u.U. auch bei Verwendung der 15- μs -Zeitbasis ohne Verzögerung - ist gegebenenfalls auf die Überlagerung des Sendeimpuls-Restes mit dem gesuchten Echo zu achten.

2.86 Der Echograph ist zur Messung an symmetrischen und unsymmetrischen Leitungen geeignet. Dadurch kann die Bestimmung der Fehlerart erleichtert werden. Wird z.B. bei einer symmetrisch durchgeführten Messung ein Aderbruch festgestellt, so bestehen drei verschiedene Möglichkeiten:

- a) beide Adern der Leitung unterbrochen,
- b) a-Ader unterbrochen,
- c) b-Ader unterbrochen.

Welcher dieser drei Fehler vorliegt, kann durch eine unsymmetrische Messung zwischen Ader a und Erde oder Ader b und Erde festgestellt werden. Zeigt sich z.B. bei der Messung zwischen der Ader a und Erde kein Echoimpuls, sondern nur bei der Ortung zwischen der Ader b und Erde, so ist nur die Ader b unterbrochen.

Dieses Verfahren ist besonders zeitsparend und einfach, da zu seiner Durchführung nur die Verbindungsleitungen zwischen dem Echographen und der untersuchten Leitung umgesteckt werden müssen.

3. Ortung von Nahnebensprech-Kopplungen

- 3.1 Für diese Messung ist der Sendeimpuls auf die störende Leitung zu geben; die über die Kopplungsstellen in die gestörte Leitung gelangenden Teile dieses Impulses sind zu empfangen. Die störende Leitung wird dazu an die Buchse X auf der Frontplatte, die gestörte an die Buchse X' (hinter der Seitentür) angeschlossen.
- 3.2 S2 und S3 auf den gewünschten Meßbereich schalten, S4 waagrecht, S1 auf die jeweilige Übersicht (Meßbereich Kabel: "0 ... 150 μ s", Meßbereich Freileitung "0 ... 1400 μ s"); für die Einstellung der Helligkeit, Schärfe des Sendeimpulses usw. gilt das unter 2.1 u.f. Gesagte. Über die mit der Übersicht sinnvoll meßbare kleinste Laufzeit siehe 2.71. Wird auf kurzen Leitungsstücken die dort zur Beobachtung auf dem Übersichtsbild angeführte Mindestlaufzeit nicht erreicht, so wird die Messung nach 3.7 fortgesetzt, auf die Orientierung mit Hilfe des Übersichtsbildes also verzichtet.
- 3.3 Verstärkungsgrad durch Drehen an P2 erhöhen, bis der Impuls der gesuchten Kopplungsstelle eine Amplitude von etwa 10 bis 20 mm hat.
- 3.4 Zur Festlegung des Sendeimpuls-Einsatzes die Nachbildung (P3) so lange verändern, bis die Bildröhre einen deutlich sichtbaren Anfangsimpuls wiedergibt^{†)}
- 3.5 Anfangsimpuls auf den Nullpunkt der Skale einstellen entsprechend 2.73.

^{†)} Dabei beachten, daß Verstärker und Sendeimpulsgeber des Echographen getrennt sind, also zur Abbildung des oben erwähnten Anfangsimpulses, der über kleine Kopplungen innerhalb des Geräts auf den Empfänger gelangt, eine verhältnismäßig starke Verstimmung der Nachbildung mit P3 notwendig ist.

- 3.6 Überschlägige Bestimmung der Kopplungsstelle und Beurteilung der gesamten Meßstrecke: siehe 2.74.
- 3.7 Genaue Messung der dem gesuchten Kopplungsort entsprechenden Laufzeit: Durchführung der Messung wie unter 2.8. (Ortung von Wellenwiderstands-Änderungen), mit Ausnahme der Angaben über die Einstellung der Nachbildung (siehe auch 3.4).
- 3.8 Die Auswertung des Meßergebnisses erfolgt genau wie für die Ortung von Wellenwiderstands-Änderungen (Abschnitte 6 und 7).

4. Störung der Messungen durch Fremdspannungen

- 4.1 Bei Luftkabeln oder Freileitungen, sowie in gewissem Maße auch bei auf der Erde liegenden Leitungen, treten zwischen Leitung und Erde oft verhältnismäßig hohe Störwechselfspannungen auf, die z.B. von Rundfunksendern mit einer im Übertragungsbereich des Echographen liegenden Sendefrequenz erzeugt werden. Störspannungen mit einer Frequenz < 1 kHz werden nicht angezeigt.

Sind Störspannungen im Übertragungsbereich des Echographen vorhanden, so werden Messungen an unsymmetrischen Objekten gestört, oft sogar unmöglich gemacht. Messungen an symmetrischen Objekten können nur bei extrem hohen Störspannungen oder schlechter Symmetrie gestört werden. Bei Freileitungen sind Kopplungen mit der Umgebung über auf dem gleichen Gestänge befindliche Kreise oft die Ursache eines starken Störspannungseinflusses. Die Störspannungen äußern sich durch eine gleichmäßige, von links nach rechts ansteigende Auslenkung des Kathodenstrahles (Bild 7), die sich am Anfang der Echokurve überlagert, diese aber auf der rechten Seite der Bildröhre mehr oder weniger überdeckt. Durch die im Gerät ein-

gebaute Symmetrierschaltung ist es in den meisten Fällen möglich, die zwischen den Adern der symmetrischen Leitung stehende Störspannung genügend zu verringern. Dazu wird folgendermaßen verfahren:

- 4.2 Einschalten der Übersicht des gewählten Meßbereiches; Einstellung der Nachbildung und des Nullpunktes, wie unter 2.72 und 2.73 angegeben. Erhöhen des Verstärkungsgrades (P2) bis zum größtmöglichen Wert oder so weit, daß die Störspannungs-Amplitude am Anfang des rechten Viertels des Bildröhren-Durchmessers eine Höhe von etwa 30 mm hat.
- 4.3 R32 und C22 (hinter der Seitentür des Echographen zugänglich) mit einem Schraubenzieher abwechselnd so lange verstellen, bis die Störspannung auf der Bildröhre gleich Null wird. Anschließend gegebenenfalls den Verstärkungsgrad erhöhen, den Abgleich wiederholen usw., bis sich der gesuchte Echoimpuls deutlich abhebt.
- 4.4 Nach diesem Abgleich kann die Messung, wie vorher angegeben, weitergeführt werden.
- 4.5 In Einzelfällen, besonders auf Freileitungen oder in der Nähe eines störenden Senders, ist diese eingebaute Nachsymmetrier-Möglichkeit nicht ausreichend. Abhilfe kann hier nur durch geeignete Symmetrier-Maßnahmen an der zu messenden Leitung geschaffen werden (z.B. durch Anschluß eines Kondensators oder durch Reihenschaltung eines Kondensators und eines Widerstandes zwischen einer Ader und Erde usw.). Eine Verringerung der Störspannung am Eingang des Gerätes ist oft auch durch folgendes Verfahren zu erreichen:

Nach Anschluß der zu messenden Leitung an den Echographen kann eine andere Leitung, die in möglichst geringer Entfernung von der zu messenden ver-

läuft (z.B. zweiter Stamm eines Vierers), dieser so parallelgeschaltet werden, daß sich die Störspannungen beider Leitungen aufheben^{+) . Bei Anwendung dieses Verfahrens ist zu beachten, daß an den Eingang des Echographen dann eine Parallelschaltung der Wellenwiderstände der beiden Leitungen angeschlossen wird. Die Nachbildung ist entsprechend einzustellen.}

4.6 Ist eine Nachsymmetrierung der Leitung durchgeführt worden, muß anschließend die Nachbildung des Echographen (P3) entsprechend nachgestellt werden.

5. Prüfen der Zeitbasen auf der Braunschen Röhre

5.1 Die Kontrolle der Zeitbasen ist von Zeit zu Zeit zu empfehlen. Die Zeitbasen (Meßbereich Kabel: 5 μ s und 15 μ s; Freileitung: 70 μ s) sind von außen nachstellbar. Die entsprechenden Regelglieder befinden sich hinter der Seitentüre, oben (Bild 3). Durch die eingebauten Zeitmarken lassen sich die Zeitbasen der Übersichtsbilder beider Meßbereiche, die 70- μ s-Zeitbasis (Freileitung) und die 15- μ s-Zeitbasis (Kabel) prüfen.

5.2 Einschalten der zu prüfenden Zeitbasis (S1) und des entsprechenden Meßbereichs (S2 und S3). Schalter S4 auf "▼", Skale des gewählten Meßbereichs in die Blende einsetzen.

5.3 Mit P1 einen scharfen Knick der einem Trapez ähnelnden Zeitmarkenkurve unter den Skalenwert 0 stellen (Parallaxe beachten!). Der nächste entsprechende Knick des Kurvenzuges muß bei richtig eingestellter Zeitbasis

^{+) Geringe Unterschiede in Amplitude und Phase beider Störspannungen können durch ein geeignetes Netzwerk (z.B. ein RC-Glied), das statt der unmittelbaren Parallelschaltung zur Kopplung der beiden Leitungen verwendet wird, ausgeglichen werden.}

unter dem Endstrich der Skale stehen (Bild 8). Abweichungen von $\pm 0,1 \mu\text{s}$ für die $15\text{-}\mu\text{s}$ -Zeitbasis (Kabel) und für die $70\text{-}\mu\text{s}$ -Zeitbasis (Freileitungen) sind zulässig. Liegen die Abweichungen außerhalb dieser Toleranzen, so kann mit Hilfe eines Schraubenziehers durch Verstellen der entsprechenden Trimmerkondensatoren ein Abgleich durchgeführt werden (Bild 3).

5.4 Die beiden Zeitbasen der Übersicht (Kabel: $150 \mu\text{s}$; Freileitung: $1400 \mu\text{s}$) können ebenfalls mit Hilfe der eingebauten Zeitmarken überprüft werden. Dazu wird mit P1, nach Einschalten der entsprechenden Übersichtszeitbasis (S1) des dazu gehörenden Meßbereiches, Einstellen des Schalters S4 auf "▼" und Einsetzen der richtigen Skale in die Blende der Bildröhre, ein Knick des Kurvenzuges der Zeitmarken unter den Nullpunkt der Skale geschoben. Für den Meßbereich Kabel muß die zehnte Wiederholung des unter dem Skalennullpunkt stehenden Zeitmarkenknicke bei $150 \mu\text{s}$ ($15 \mu\text{s} \times 10$), für den Meßbereich Freileitung die zwanzigste bei $1400 \mu\text{s}$ der Skale stehen. Abweichungen um $1/2$ Zeitmarkenlänge sind zulässig. Ein Nachstellen der Übersichtszeitbasen von außen ist nicht möglich.

5.5 Die Zeitbasis $5 \mu\text{s}$ des Meßbereichs Kabel ist durch die eingebauten Zeitmarken nicht überprüfbar.

6. Bestimmung des Fehlerortes aus der gemessenen Laufzeit

6.1 Die nach den vorstehenden Angaben durchgeführten Messungen ergeben die Zeit, die der Sendeimpuls zum Erreichen des Fehlerorts und der Echoimpuls von dort zurück zum Eingang des Echographen benötigen. Der abgelesene Wert hat die Einheit "Mikrosekunden". Aus dieser Laufzeit und der Fortpflanzungs-Geschwindigkeit der Impulse auf der Leitung ergibt sich die gesuchte Entfernung des Fehlerorts vom Meßort nach der Formel:

$$l = \frac{v \cdot t}{2}.$$

Hierin ist l die gesuchte Entfernung, v die der Leitung entsprechende Fortpflanzungs-Geschwindigkeit und t die abgelesene Laufzeit. Die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit ist eine Konstante des jeweiligen Leitungstyps. Zu ihrer Ermittlung gibt es zwei Möglichkeiten: Die Errechnung aus den Leitungskennwerten oder die Ermittlung durch Messung einer bekannten Länge (6.2 oder 6.3).

6.2 Rechnerische Bestimmung der Fortpflanzungs-Geschwindigkeit der Impulse auf einer Leitung: Diese Geschwindigkeit v ergibt sich aus der Formel

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}} \quad \text{in m/\mu s}$$

In dieser Formel bedeutet c die Lichtgeschwindigkeit in m/\mu s , ϵ_r die relative Dielektrizitäts-Konstante und μ_r die relative Permeabilitäts-Konstante der Leitung. Das μ_r ist bei Leitungen ohne Eisen im Leiterfeld gleich 1 zu setzen. In diesem Fall vereinfacht sich die Formel, mit $c = 300 \text{ m/\mu s}$ eingesetzt, zu

$$v = \frac{300}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad \text{in m/\mu s.}$$

Beispiel: Ein Koaxialkabel 2,6/9,5 mit einem $\epsilon = 1,08$ hat eine Fortpflanzungs-Geschwindigkeit von

$$v = \frac{300}{\sqrt{1,08}} = 288 \text{ m/\mu s.}$$

6.3 Experimentelle Bestimmung der Fortpflanzungs-Geschwindigkeit auf einer Leitung: Dazu wird nach den vorstehenden Angaben eine genau bekannte

Länge (etwa 500 m) der zu messenden Leitung an den Echographen angeschlossen und die der Endreflexion dieser Leitung entsprechende Laufzeit gemessen. Wird diese Laufzeit wieder mit t bezeichnet, so ergibt sich die gesuchte Fortpflanzungs-Geschwindigkeit der Impulse auf der Leitung aus der Formel

$$v = \frac{2\ell}{t}$$

in $\text{m}/\mu\text{s}$, wenn die Länge ℓ der gemessenen Leitung in Metern und t in Mikrosekunden eingesetzt wird. Als bekannte Länge zur Ermittlung der Fortpflanzungs-Geschwindigkeit muß nicht unbedingt eine Leitung mit genau bekannter Gesamtlänge verwendet werden. Es können auch Reflexionen innerhalb einer Leitung, deren Abstand vom Meßort genau bekannt ist (z.B. Muffen, Abzweigstellen usw.), verwendet werden.

Beispiel: $t = 15 \mu\text{s}$, $\ell = 1500 \text{ m}$. Es ergibt sich eine Fortpflanzungs-Geschwindigkeit von

$$v = \frac{2 \cdot 1500}{15} = 200 \text{ m}/\mu\text{s}.$$

- 6.4 Die für einen Leitungstyp einmal bestimmte Fortpflanzungs-Geschwindigkeit gilt für alle Leitungen der gleichen Art. Bei Freileitungen ist sie von der Bauweise und vom Wetter abhängig. Sie läßt sich aber auch in diesen Fällen einfach festlegen und gilt dann für alle Messungen auf Leitungen gleicher Art bei der gleichen Bauweise und den gleichen Witterungsbedingungen, für die sie ermittelt wurden.
- 6.5 Auf Leitungen mit stark frequenzabhängiger Dämpfung ist für genaue Messungen zu beachten, daß die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit auf Leitungen frequenzabhängig ist. Echoimpulse aus geringer Entfernung vom Meßort

haben eine bestimmte Schwerpunktsfrequenz, beim Echographen etwa 300 kHz. Echoimpulse von weiter entfernt liegenden Stoßstellen haben eine größere Länge der Leitung zu durchlaufen. Sie sind durch die erwähnte frequenzabhängige Dämpfung stark verformt, d.h. ihre Schwerpunktsfrequenz verlagert sich auf ihrem Weg entlang der Leitung immer mehr zu niedrigeren Werten. Die Folge davon ist, daß für diese Echoimpulse eine andere Fortpflanzungs-Geschwindigkeit gilt als die kurzer Längen und umgekehrt. Dieser Einfluß kann, wenn genaue Messungen durchgeführt werden sollen, durch die Messung bekannter Leitungslängen nach der unter 6.3 angegebenen Art ermittelt und z.B. in Tabellenform festgehalten werden. Auch diese Angaben gelten dann für alle Ortungen auf Leitungen der gleichen Art.

- 6.6 Bei bekannter Fortpflanzungs-Geschwindigkeit kann der gesuchte Fehlerort nach der Formel unter 6.1 errechnet werden.

Beispiel: $v = 288 \text{ m}/\mu\text{s}$, $t = 55 \mu\text{s}$,

$$l = \frac{288}{2} \times 55 = 7920 \text{ m.}$$

- 6.7 Die Umrechnung der gemessenen Laufzeit in die gesuchte Fehlerortsentfernung läßt sich durch einfache Tabellen erleichtern und beschleunigen.[†]

Werden Leitungen mit unterschiedlicher Fortpflanzungs-Geschwindigkeit untersucht, so können auf die oben angeführte Art Tabellen für jede einzelne Leitungsart angefertigt oder aber Kurvenscharen, z.B. in Abhängigkeit von Fortpflanzungs-Geschwindigkeit und Laufzeit mit der Fehlerorts-Entfernung als Parameter, gezeichnet werden.

[†]) Dieses Verfahren empfiehlt sich vor allem dort, wo häufig an Leitungen gleicher Art gemessen wird.

7. Zusammenhang zwischen der Art einer Wellenwiderstands-Änderung und der Form des an ihr erzeugten Echoimpulses

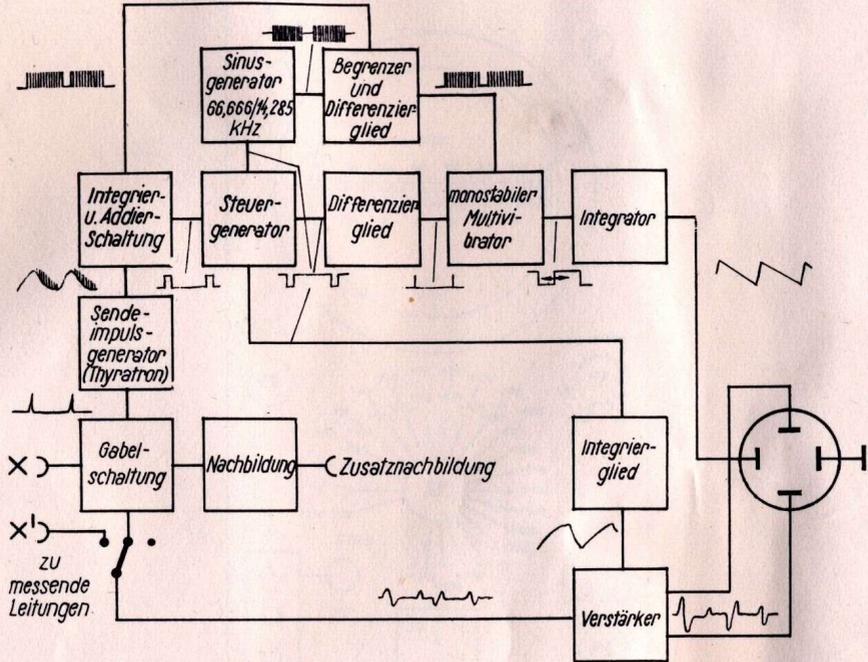
7.1 Jede Änderung des Wellenwiderstandes innerhalb oder an den Enden einer Leitung entspricht einem bestimmten Reflexionsfaktor. Trifft der Sendepuls des Echographen auf eine solche Wellenwiderstands-Änderung, so wird ein der Größe des Reflexionsfaktors entsprechender Teil dieses Impulses an den Meßort zurückgeworfen. Die Größe und Form der Echoimpulse ist also von der Größe und Art des Reflexionsfaktors bestimmt.

Als Wellenwiderstands-Änderungen innerhalb einer Leitung wirken sich aus: Aderbruch, Kurzschluß, Übergangswiderstände, Nebenschlüsse, Reiheninduktivitäten, Parallelkapazitäten usw. Reflexionsfaktoren an den Enden einer Leitung werden durch Fehlabschlüsse aller Art, z.B. offener Leitung, Kurzschluß usw., gebildet.

7.2 Bei der Fehlerortung mit Hilfe des Echographen ergeben Wellenwiderstands-Erhöhungen, also Reihenwiderstände, Aderbrüche, usw., grundsätzlich Echoimpulse, deren Vorderflanke nach oben gerichtet ist (Bild 9). Wellenwiderstands-Erniedrigungen, also Kurzschlüsse, Nebenschlüsse usw., erzeugen dagegen Echoimpulse, deren Vorderflanke nach unten zeigt (Bild 10). Eine Unterscheidung der beiden Fehlergruppen ist somit aus der Echoimpuls-Form möglich.

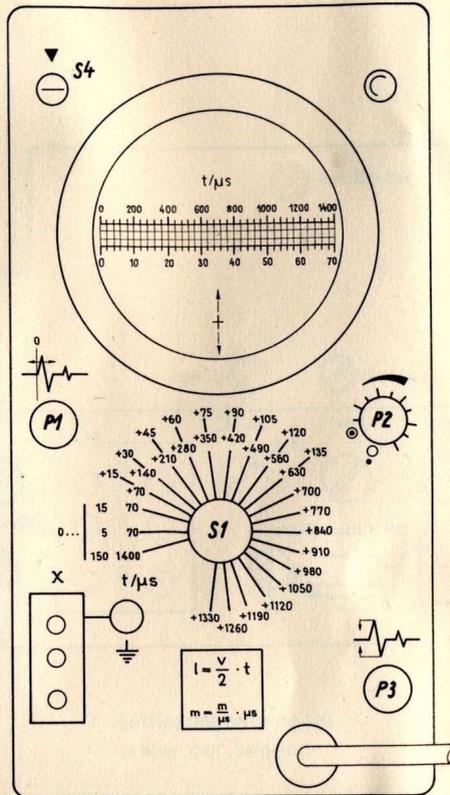
V. Zubehör, Maße und Gewichte

Gegenstand	Bezeichnung	Maße in mm	Gewicht etwa kg
<u>Echograph für Fehlerortung an Fernsprechleitungen</u> . .	Rel 3 L 93	124x226x324	6,5
<u>Zubehör:</u>			
1 Kathodenstrahlröhre. . .	DG 7-36	-	-
je 5 Röhren.	EC 70, EF 72	-	-
je 1 Röhre	E 180 F, E 91 H, 5727	-	-
je 1 Stabilisator. . . .	150 C 2, Sk 9	-	-
1 Signallampe 12 V . . .	9 T 1p 2c	-	-
3 Schmelzeinsätze 1 A (2 als Ersatz)	1 C DIN 41571	-	-
<u>Nach Bedarf:</u>			
1 Verbindungsleitung, z.B.	Rel 1tg 547a,...e	250,...2000	0,2
1 (oder 2) Aufsteck- Kondensator. , , , . .	Rel 3 B 3101	-	-
1 Einankerumformer, z.B.	Type GW UZ 5860	-	-



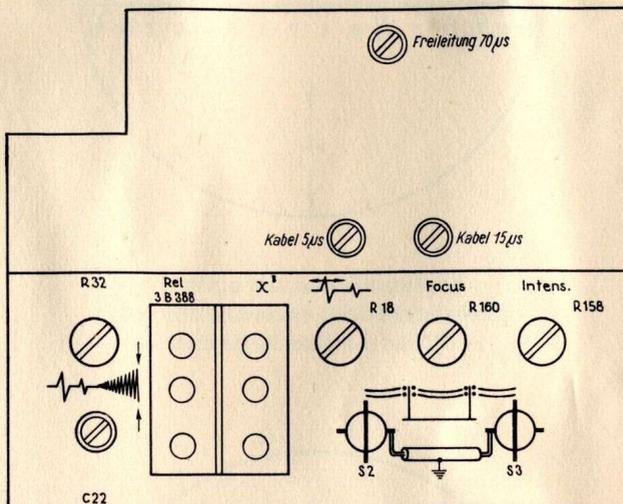
Blockschaltbild

Bild 1



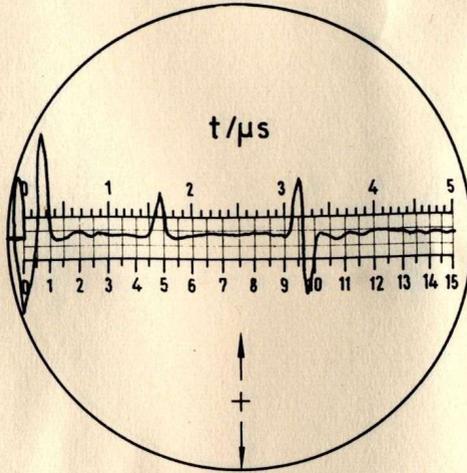
Frontansicht

Bild 2



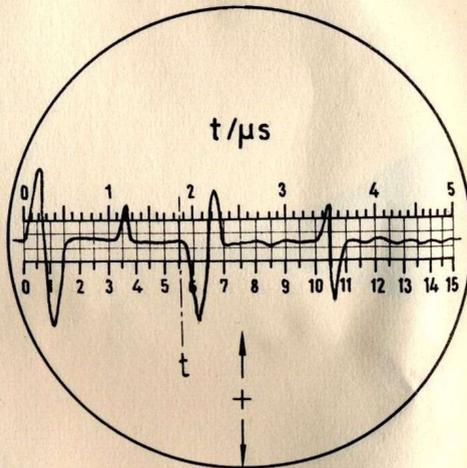
Bedienungselemente
 hinter der Seitentür

Bild 3



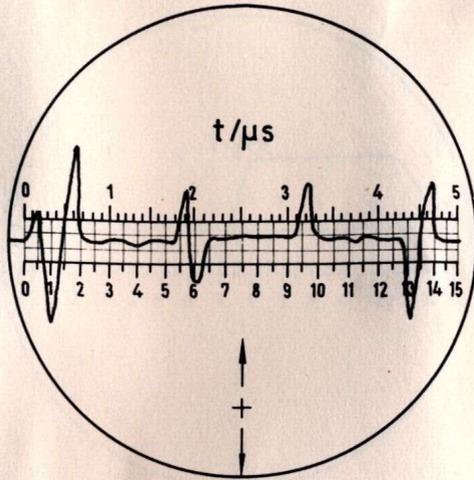
Richtige Nullpunkt-Einstellung
 bei verzeichnetem Sendeimpuls-Rest
 in Stellung Übersicht 0 bis $150\ \mu\text{s}$

Bild 4



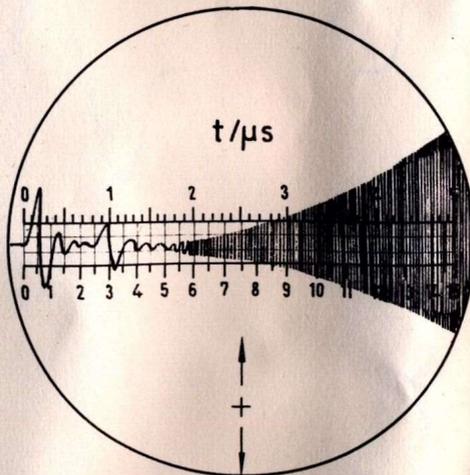
Beispiel zur Ablesung der Laufzeit:
 $t = 5,5\ \mu\text{s}$

Bild 5



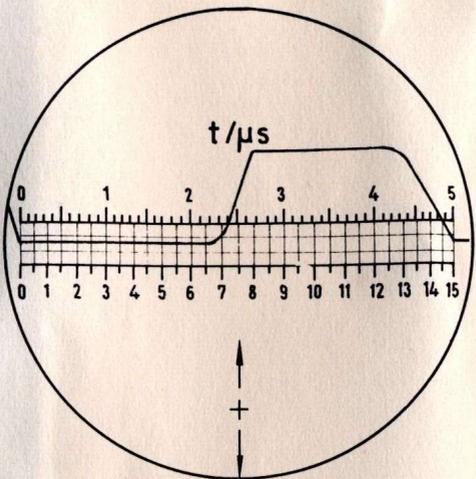
Richtige Einstellung des Sendeimpuls-Restes
bei gedehntem Zeitmaßstab

Bild 6



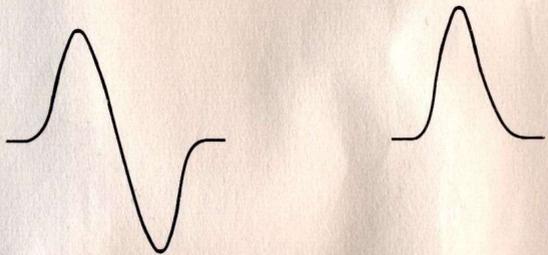
Schirmbild bei Störspannungen
im Übertragungsbereich des Echographen

Bild 7



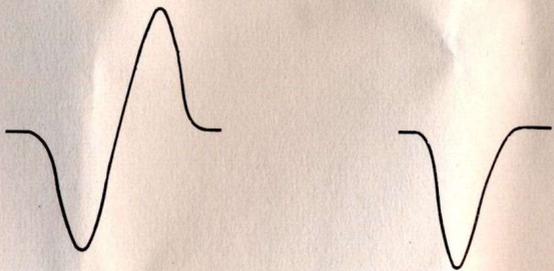
Einstellung des gedehnten Zeitmaßstabes
 mit der Prüfzeitmarke
 (Meßbereich 15 μ s Kabel)

Bild 8



Echoimpuls-Formen
 bei einer Wellenwiderstands-Erhöhung

Bild 9



Echoimpuls-Formen
 bei einer Wellenwiderstands-Erniedrigung

Bild 10