

# Schul- und Demonstrationsoszillograf ED 1-AB

Ing. H. HÖSCHEL

Bei der Entwicklung des Gerätes wurde auf eine komplizierte Schaltungstechnik, wie elektronisch geregelter Netzteil, galvanisch gekoppelter Hellstimpuls, sehr hohe Bandbreite usw., verzichtet. Andererseits wurden aber die technischen Eigenschaften moderner Oszillografen, wie triggerbarer Kippsteil, gleichspannungsggekoppelte Y- und X-Verstärker, große Aussteuerbarkeit, große Strahlhelligkeit, Z-Steuerung, interne Kalibrierung usw., realisiert, so daß die Schüler mit einem modernen Meßmittel vertraut werden. Um die Schüler bei Demonstrationsversuchen nicht abzulenken, wurden im Unterschied zu normalen Oszillografen die Bedienelemente auf die rechte Seite des Gerätes verlegt, wo sie ein geschlossenes übersichtliches Bedienfeld bilden.

Für seinen Einsatz sind folgende Eigenschaften bestimmend:

- 13-cm-Planschirm
- Vertikalsteuerung über Gleichspannungs-Breitbandverstärker 0...1 MHz definierter Ablenkoeffizient von 50 mV/cm
- Vertikalverschiebung über den gesamten Planschirm
- interne Kalibrierung von  $U_{ss} = 2 V$
- Zeitbasis mit definierten Kippfrequenzen von 0,5 Hz...100 kHz; bis 5fach dehnbar; getriggert oder selbstschwingend
- 4 Synchronisationsmöglichkeiten: + int.; - int.; ext.; netzverköpelt
- Horizontalsteuerung über Gleichspannungs-Breitbandverstärker 0...1 MHz, Ablenkoeffizient 1 V/cm
- Horizontalverschiebung über gesamte Zeitbasislänge
- übersichtliches seitliches Bedienfeld

Der nachfolgend beschriebene Oszillograf wurde bewußt als komplette Einheit und nicht in zusammenschaltbaren Baugruppen entwickelt, da mit diesem Gerät die vielseitige Anwendbarkeit eines Oszillografen in der modernen Technik und nicht dessen Aufbau und Wirkungsweise demonstriert werden sollen.

Es handelt sich um einen leistungsfähigen Schyloszillografen, der sowohl für Demonstrationszwecke als auch für den Einsatz im Labor geeignet ist.

- gute Handlichkeit durch geringe Masse und geringes Volumen

Die äußere Gestaltung des „ED 1-AB“ entspricht der RFT-Norm für Meßgerätekabine.

## Aufbau

Das Gerät ist in leichter, selbsttragender Rahmenbauweise ausgeführt. Durch Lösen von zwei Schrauben an der Rückwand können die Rückwand sowie die beiden Seitenbleche abgenommen werden, wodurch der gesamte Innenaufbau gut zugänglich wird (Bilder 1...3).

Das Gerät besteht aus sechs Baugruppen: Bedienfeld und Sichtteil

Y-Verstärker

Kippgenerator mit Synchronisier- und X-Verstärker

Hochspannungsteil und Stromversorgungsteil

Das Gerät ist vollständig in Leiterplattentechnik ausgeführt. Die elektrische Verbindung erfolgt über eingelötete Kabelbäume und Drahtbrücken.

## Netzteil

Im Netzeingang ist eine Filterkette eingesetzt, die in allen Betriebsfällen den Funkstörgrad „N“ einhält. Die Gleichspannungen von +100 V und -100 V werden durch Stabilisatorröhren  $R_{08}$  und  $R_{09}$  stabilisiert. Die Gleichspannungen +260 V und +380 V sind nicht stabilisiert, da sie Stufen speisen, die gegenüber Netzspannungsschwankungen weniger empfindlich sind. Um den Aufwand gering zu halten, wurde auch auf eine Stabilisierung der Beschleunigungs- und der Gesamtbeschleunigungsspannung verzichtet. Bild 4 zeigt die Gesamtschaltung.

## Y-Verstärker

Der Y-Verstärker ist ein vierstufiger, symmetrischer Gegentakt-Gleichspannungsverstärker. Vom asymmetrischen Y-Eingang ( $H_{11}$ ) gelangt die Meßspannung wahlweise direkt oder über einen Koppelkondensator auf einen frequenzkompensierten Spannungsteiler ( $S_2$ ) mit konstanter Eingangsimpedanz. Damit kann die Ablenkempfindlichkeit in den Stufen 0,05 - 0,25 - 1 - 5 und 25 V/cm verändert werden. Vom Y-Spannungsteiler gelangt die Meßspannung auf eine Anodenbasisstufe, das Triodensystem einer ECC 85. Das zweite Triodensystem dieser ECC 85 ist aus Symmetriegründen ebenfalls als Anodenbasisstufe geschaltet. In dieser Stufe erfolgt mit  $R_{31}$  die Nullkorrektur, mit der sich geringe Potentialunterschiede zwischen den Kathoden der folgenden Verstärkerstufe ausgleichen lassen.

Die folgende Verstärkerstufe - die Pentodensysteme von  $R_{02}$  und  $R_{03}$  - ist als Gegentaktverstärker ausgeführt. Über die Katodenkopplung der beiden Systeme wird die in Gitterbasisschaltung betriebene zweite Pentode ( $R_{03}$ ) gegenphasig gesteuert, so daß an den Anoden dieser Stufe die verstärkte symmetrische Meßspannung vorhanden ist. Durch Ändern der Gegenkopplung im Katodenweig der beiden Systeme mit  $R_{24}$  läßt sich die Ablenkempfindlichkeit kontinuierlich im Verhältnis 1:5 einstellen. Mit  $R_{17}$  kann die Lage des Strahles in vertikaler Richtung verschoben werden.

Es folgt eine symmetrische Anodenbasisstufe, bestehend aus den beiden Triodensystemen von  $R_{02}$  und  $R_{03}$ . An den Kathoden dieser beiden Systeme werden die Synchronisierungssignale für positive und negative Synchronisation des Kippgerätes abgenommen. Gleichzeitig steuert diese

Bild 1: Ansicht des Gerätes

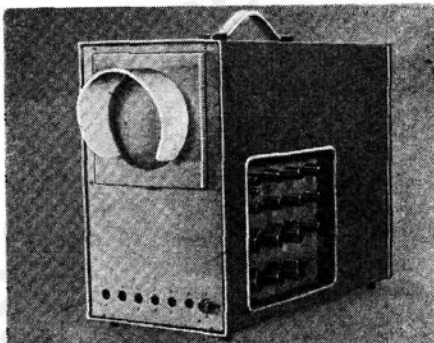


Bild 2: Rechte Seitenansicht bei geöffnetem Gerät

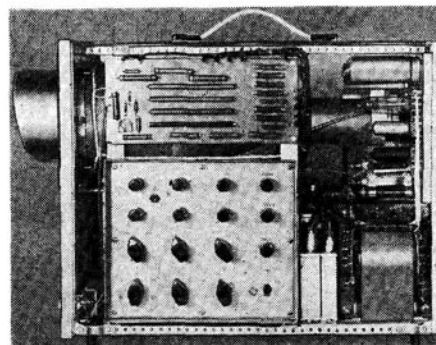
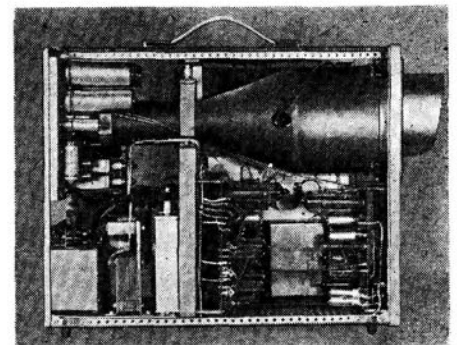


Bild 3: Linke Seitenansicht bei geöffnetem Gerät



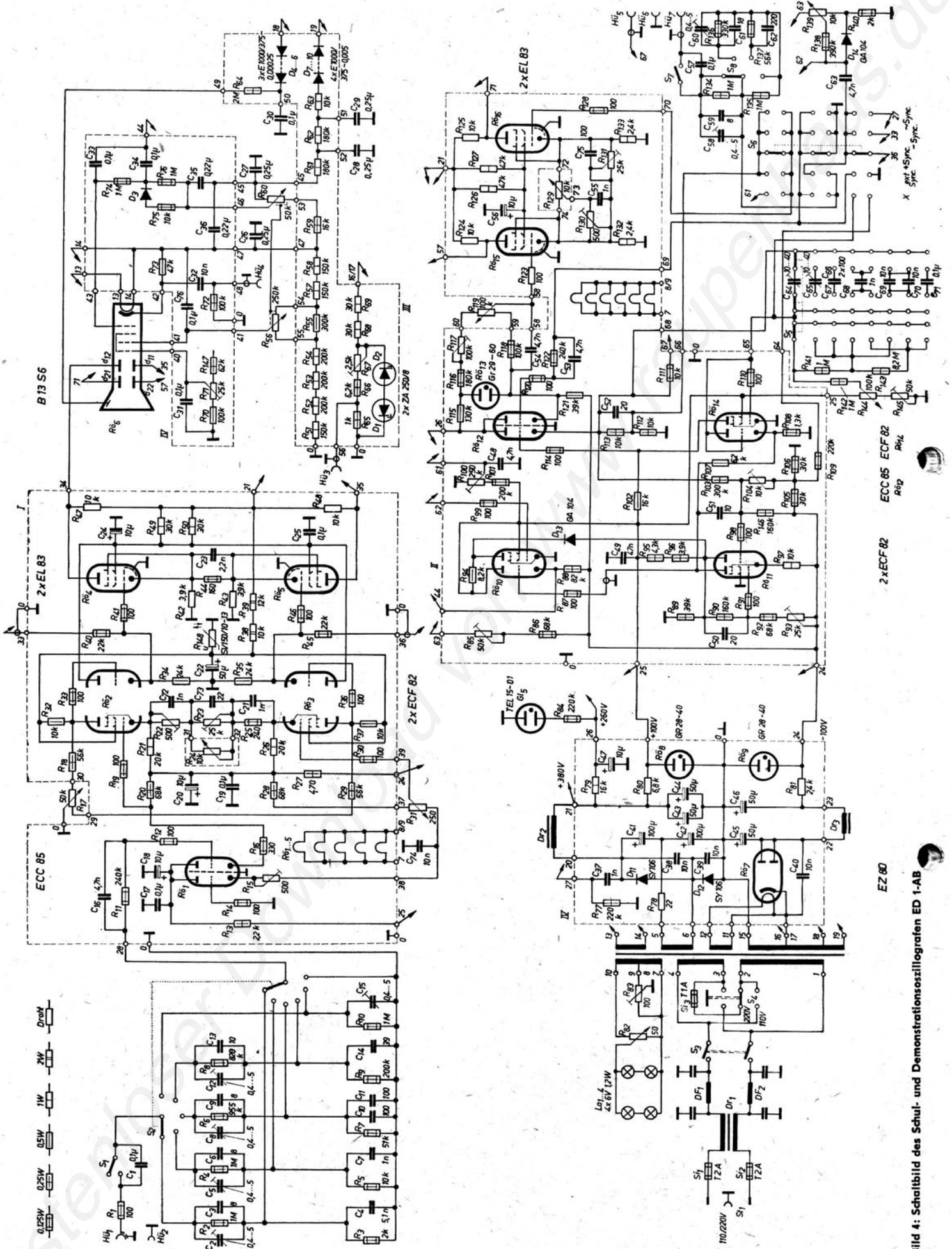


Bild 4: Schaltbild des Schul- und Demonstrationsoszillografen ED 1-AB

Stufe die beiden Pentoden EL 83 der Gegentakststufe. Von den Anoden gelangt die symmetrische Meßspannung auf die  $d_1$ -Platten der Elektronenstrahlröhre B 13 S 6. Die  $d_1$ -Platten sind so angeschlossen, daß ein positives Meßsignal am Y-Eingang eine Strahlauslenkung nach oben ergibt.

#### Kalibrierspannung

Zum Kalibrieren des Y- oder X-Verstärkers dient eine interne Kalibrierspannung von  $U_{ss} = 2V$ . Sie ist eine mit Zenerdioden abgekapselte 50-Hz-Spannung. Die Spannung von  $U_{ss} = 2V$  wird mit  $R_{67}$  eingestellt und kann über  $Hü_3$  entnommen werden.

#### X-Verstärker

Die X-Ablenkung kann entweder mit einer Meßspannung oder zeitlinear mit der Kippspannung des eingebauten Kippgenerators über den X-Verstärker erfolgen. Die Umschaltung von ext. auf int. Ablenkung erfolgt mit dem Synchronisierwählschalter  $S_6$ .

Der X-Verstärker ist ein zweistufiger Gegentak-Gleichspannungsverstärker.

Vom asymmetrischen X-Eingang ( $Hü_7$ ) gelangt die Meßspannung wahlweise direkt oder über einen Koppelkondensator auf einen frequenzkompensierten Spannungsteiler ( $S_8$ ). Damit kann die Ablenkempfindlichkeit in den Stufen 1-5-25 V/cm verändert werden. Beim Betrieb mit Kippgenerator dient dieser Spannungsteiler gleichzeitig zur Spannungsteilung einer eventuell benötigten Fremdsynchronisierungsspannung. Vom X-Spannungsteiler gelangt die Meßspannung auf eine Anodenbasisstufe, das Triodensystem einer ECC 85 ( $Rö_{12}$ ). Die Horizontalverschiebung des Elektrodenstrahls bzw. die Wahl des gewünschten Ausschnittes der Zeitbasis bei Dehnung erfolgt mittels  $R_{119}$ . Nach dieser Anodenbasisstufe gelangt die Meßspannung auf das Steuergitter einer EL 83 ( $Rö_{15}$ ).

$Rö_{15}$  und  $Rö_{16}$  bilden die Gegentakststufe. Über die Katodenkopplung der beiden Systeme wird die bei X-Betrieb in Gitterbasisschaltung betriebene  $Rö_{16}$  gegenphasig gesteuert, so daß an den Anoden die verstärkte symmetrische Meßspannung vorhanden ist. Durch Ändern der Gegenkopplung im Katodenweig der beiden EL 83 mit  $R_{129}$  läßt sich die Ablenkempfindlichkeit kontinuierlich im Verhältnis 1:5 einstellen bzw. die Zeitbasis um den Faktor 5 dehnen. Von den Anoden der Gegentakststufe gelangt die symmetrische Meßspannung an die  $d_2$ -Platten der B 13 S 6. Die  $d_2$ -Platten sind so angeschlossen, daß ein positives Meßsignal am X-Eingang eine Strahlauslenkung nach rechts ergibt.

#### Kippgenerator

Der Kippgenerator erzeugt eine Sägezahnspannung mit schnellem Spannungsanstieg (Rücklauf) und zeitlinearem Spannungsablauf (Hinlauf). Das Pentodensystem von  $Rö_{14}$  bildet zusammen mit einem Katodenfolger — einer Triode der  $Rö_{12}$  — einen Millerintegrator. In neun

Stufen ( $S_5$ ) und kontinuierlich einstellbaren Zwischenstellungen ( $R_{114}$ ) wird damit ein Frequenzbereich von 0,5 Hz bis 100 kHz bestrichen. Durch Verwendung engtolerierter Bauelemente für die die Spannungsänderungsgeschwindigkeit bestimmenden Glieder  $R_{141}$ ,  $R_{143}$  und  $C_{64}$  bis  $C_{71}$  läßt sich bei einer bestimmten Stellung des  $R_{139}$  (Rechtsanschlag) eine definierte Frequenz für jede Stufe einstellen. Die Millerstufe ist über eine Schaltdiode (Triodensystem von  $Rö_{14}$ ) und über  $R_{103}$  mit dem Steuermultivibrator  $Rö_{11}$  gekoppelt.

Die jeweils gewünschte Beeinflussung des Anodenpotentials der Multivibratortriode erfolgt über die Synchronisierverstärkerstufe. Dazu dient das Pentodensystem der  $Rö_{10}$ , das mit dem Steuermultivibrator über  $D_{13}$  gekoppelt ist. Die Einstellung der Synchronisierstufe und damit des Betriebszustandes des Kippgenerators erfolgt am Steuergitter des Synchronisierverstärkers mit dem Stabilitätsregler  $R_{139}$ . Bei geringer negativer Vorspannung des Synchronisiersteuergitters schwingt der Kippgenerator selbst. Je negativer die Vorspannung eingestellt wird, um so größer muß der ankommende positive Impuls sein, um den Generator auszulösen.  $D_{14}$  begrenzt den positiven Impuls, so daß der Synchronisierverstärker nicht übersteuert werden kann und stets ein einwandfreies Auslösen gewährleistet ist.

Die Helltastung des Hinlaufes wird von der Anode der Multivibratorpentode bewirkt, die über eine Anodenbasisstufe (Triode von  $Rö_{10}$ ) kapazitiv mit dem Wetzylinder der Elektronenstrahlröhre gekoppelt ist. Die Synchronisierung bzw. Auslösung des Kippgenerators ist auf folgende Möglichkeiten umschaltbar ( $S_6$ ): netzverkoppelt mit 100-Hz-Brummspannung, intern durch negative oder positive Spannungsänderungen und extern durch positive Spannungsänderungen. Zur Verwendung für externe Steuerzwecke ist die Kippspannung von der Katode der Anodenbasisstufe des Millerintegrators über einen Schutzwiderstand  $R_{111}$  an  $Hü_5$  geführt. An einem Teil des Katodenwiderstandes ( $R_{112}$ ) der gleichen Stufe wird die Kippspannung mit der erforderlichen Amplitude abgegriffen und über  $S_6$  dem Steuergitter von  $Rö_{16}$  zugeführt.

#### Sichtteil

Der Sichtteil ist mit einer durch Flutlicht beleuchteten Rasterscheibe ausgestattet, die eine Auswertung der Oszillogramme erleichtert. Die Helligkeit der Rasterbeleuchtung ist mit  $R_{82}$  kontinuierlich einstellbar.

Die Elektronenstrahlröhre B 13 S 6 wird mit einer Beschleunigungsspannung von etwa 2 kV und einer Gesamtbeschleunigungsspannung von etwa 4 kV betrieben. Dadurch können die Oszillogramme mit großer Helligkeit und hoher Schärfe abgebildet werden. Die Aussteuerbarkeit beträgt sowohl in Y- als auch in X-Richtung jeweils 100 mm.

Über den Z-Eingang  $Hü_4$  lassen sich Fremdspannungen zur Hell-Dunkel-Tastung des Elektronenstrahls kapazitiv auf die der B 13 S 6 einkoppeln.

### Technische Daten

#### Elektronenstrahlröhre

Typ:	B 13 S 6
Schirmdurchmesser:	130 mm
Beschleunigungsspannung:	etwa 2 kV
Gesamtbeschleunigungsspannung:	etwa 4 kV
Ablenkung:	doppelt elektrostatisch, symmetrisch

#### Y-Verstärker

Frequenzbereiche gleichspannungsgekop. (-3 dB):	0...1 MHz
wechspannungsgekop. (-3 dB):	2 Hz...1 MHz
Anstiegszeit:	350 ns
Ablenkkoeffizient:	0,05 V/cm
5 Bereiche des Ablenkkoeffizienten:	0,05...125 V/cm
Amplitudeneinstellung:	kontinuierlich 5:1
Dachschräge bei 50 Hz Mäander wechspannungsgekop.:	10%
Eingang:	asym., kapazitiv oder direkt
Eingangsimpedanz:	1 M $\Omega$    25 pF
Aussteuerbarkeit:	max. 10 cm
Nonlinearität:	max. 5% bei 75% / 25% der max. Aussteuerbarkeit
Eingangsspannung $U_{ss}$ :	max. 630 V
Vertikalverschiebung:	etwa $\pm 6$ cm

#### X-Verstärker

Frequenzbereiche gleichspannungsgekop. (-3 dB):	0...1 MHz
wechspannungsgekop. (-3 dB):	2 Hz...1 MHz
Anstiegszeit:	350 ns
Ablenkkoeffizient:	1 V/cm
3 Bereiche des Ablenkkoeffizienten:	1...125 V/cm
Amplitudeneinstellung:	kontinuierlich 5:1
Dachschräge bei 50 Hz Mäander wechspannungsgekop.:	10%
Eingang:	asym., kapazitiv oder direkt
Aussteuerbarkeit:	max. 10 cm
Nonlinearität:	max. 5% bei 75% / 25% der max. Aussteuerbarkeit
Eingangsspannung $U_{ss}$ :	max. 630 V
Horizontalverschiebung:	etwa $\pm 2$ ...etwa $\pm 10$ cm

#### Kippteil

Betriebsarten:	selbstschwingend und getriggert mit kontinuierlichem Übergang
8 Bereiche der Kippfrequenzen:	0,5 Hz...100 kHz
Feineinstellung:	kontinuierlich 5:1
Linearitätsabweichung:	max. 5% bei 75% / 25% der Zeitbasislänge von 10 cm
Zeitbasisdehnung:	0,5...2,5-fach
Synchronisation:	- int.; + int.; + ext.; Netz

#### Z-Steuerung

Frequenzbereich:	50 Hz...1 MHz
erforderliche Steuerspannung $U_{ss}$ :	etwa 20 V
Eingangsimpedanz:	etwa 50 k $\Omega$    50 pF

#### Kalibrierspannung

Frequenz:	50 Hz Mäander
Ausgangsspannung $U_{ss}$ :	2 V
Innenwiderstand:	etwa 1 k $\Omega$
Abmessungen:	206 mm $\times$ 346 mm $\times$ 432 mm
Masse:	etwa 17,5 kg