

Hans Sutaner
Dipl.-Ing. Gerhard Wißler

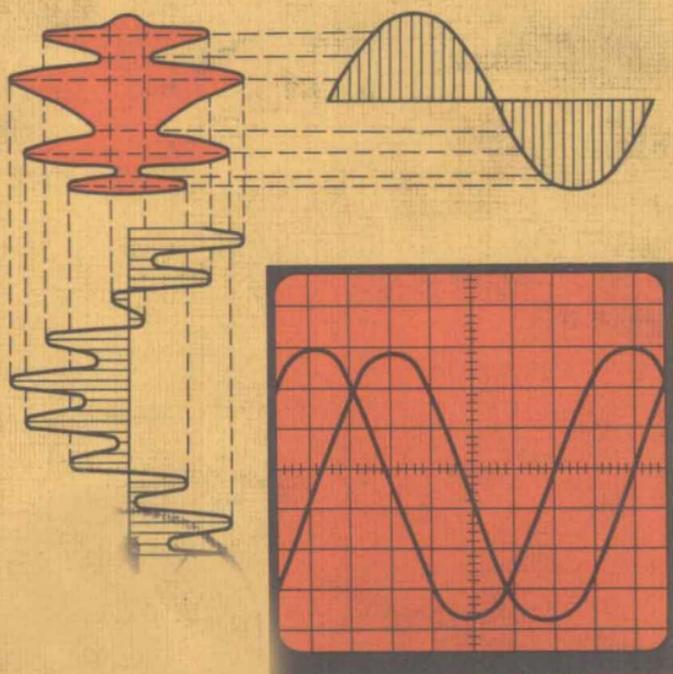
99

Wie arbeite ich mit dem Elektronenstrahl- Oszilloskop?

RPB

electronic-
taschenbücher

Eine Fibel der Oszilloskoptechnik nebst einer umfangreichen und universellen Betriebsanleitung für Amateure und Praktiker



Franzis'

Hans Sutaner
Dipl.-Ing. Gerhard Wißler

Wie arbeite ich mit dem Elektronenstrahl- Oszilloskop

Eine Fibel der Oszilloskoptechnik nebst einer
umfangreichen und universellen Betriebsanleitung
für Amateure und Praktiker

Mit 135 Abbildungen

10., neu bearbeitete und erweiterte Auflage



Franzis-Verlag München

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Sutaner, Hans:

Wie arbeite ich mit dem Elektronenstrahl-Oszilloskop?: e. Fibel d. Oszilloskopentechnik nebst e. umfangreichen u. universellen Betriebsanleitung für Amateure u. Praktiker / Hans Sutaner; Gerhard Wißler. – 10., neu bearb. u. erw. Aufl. – München: Franzis-Verlag, 1980. –

([RPB-Elektronik-Taschenbücher] RPB-electronic-taschenbücher; 99)

1.–9. Aufl. u. d. T.: Sutaner, Hans: Wie arbeite ich mit dem Elektronenstrahl-Oszillographen.

ISBN 3-7723-0990-9

NE: Wißler, Gerhard:

© 1980 Franzis-Verlag GmbH, München

Sämtliche Rechte – besonders das Übersetzungsrecht – an Text und Bildern vorbehalten. Fotomechanische Vervielfältigung nur mit Genehmigung des Verlages. Jeder Nachdruck, auch auszugsweise, und jede Wiedergabe der Abbildungen, auch in verändertem Zustand, sind verboten.

Druck: Franzis-Druck GmbH, Karlstraße 35, 8000 München 2
Printed in Germany, Imprimé en Allemagne

ISBN 3-7723-0990-9

Vorwort zur 10. Auflage

Auch seit der völligen Neubearbeitung der 8. Auflage dieses Buches wurde die Entwicklung und Technik des Oszilloskops ständig vorangetrieben. In diesem Zusammenhang kommt den modernen hochintegrierten Schaltkreisen und der Digitaltechnik eine besondere Bedeutung zu. Beschleunigt wurde diese Entwicklung durch immer höhere Anforderungen an Geschwindigkeit und Bedienungskomfort. So gibt es heute Oszilloskope, mit denen Frequenzen bis zu 400 MHz sichtbar gemacht werden können. Mit Abtast-Oszilloskopen lassen sich sogar periodische Vorgänge mit Frequenzen im GHz-Bereich darstellen. Neuerdings gibt es sogar Speicher-Oszilloskope, die mit Halbleiterspeichern ausgerüstet sind und die es gestatten, den auf der Sichtrohre dargestellten Kurvenzug mit einem Blattschreiber auf Papier auszugeben. Weitere neue Anwendungen des Oszilloskops sind der Einsatz bei der Spektralanalyse und bei der mehrkanaligen Darstellung logischer Pegel bei Logik-Analysatoren, die heute für das Messen an komplexen Digitalschaltungen fast unentbehrlich geworden sind.

Neben den technischen Neuerungen wurde auch die Deutsche Norm (DIN) an die internationalen Gegebenheiten angepaßt, und der bisher für das zu betrachtende Meßgerät genormte Begriff „Oszillograf“ in Anlehnung an die angelsächsische und die romanische Schreibweise durch den Begriff „Oszilloskop“ ersetzt.

Zugleich mit dem Fortschritt in der Schaltungstechnik hat sich auch der Anwendungsbereich des Oszilloskops ständig erweitert. Das ursprünglich für die elektrotechnische Meßtechnik entwickelte Gerät hat sich mittlerweile zu einem „Allround-Meßgerät“ entwickelt, das in allen Bereichen der Naturwissenschaften und in nahezu allen technischen Bereichen unentbehrlich geworden ist.

Im Hinblick darauf, ist das vorliegende Buch so gestaltet, daß der Leser nach dem Studium des Buches fast alle modernen Oszilloskope bedienen und damit auch die grundlegenden Meßverfahren durchführen kann. Es wendet sich somit an all jene, die im Beruf, beim Praktikum oder hobbymäßig mit Oszilloskopen arbeiten müssen.

Aachen

Gerhard K.H. Wißler, Dipl.-Ing.

Inhalt

1.	Daten der Elektronenstrahl-Oszilloskope, Definitionen und Erläuterungen	9
1.1	Allgemeine Definition des Elektronenstrahl-Oszilloskops.	9
1.2	Tabelle der technischen Daten	10
1.3	Zusätzliche Definitionen bei speziellen Oszilloskopen	20
1.4	Zusammenstellung der angelsächsischen Bezeichnungen und ihre deutschen Benennungen.	23
2	Welches Oszilloskop soll man wählen?	29
3	Inbetriebnahme und Prüfung eines Oszilloskops.	34
3.1	Baugruppe Elektronenstrahlröhre	34
3.2	Horizontalablenkung	37
3.3	Vertikalablenkung	45
3.4	Zusatzeinrichtungen.	48
4	Eichung des Oszilloskops	50
4.1	Zweck der Eichung	50
4.2	Nachprüfung der Ablenkoeffizienten der im Oszilloskop verwendeten Elektronenstrahlröhre	51
4.3	Eichung der Ablenkoeffizienten der Vorverstärker.	53
4.4	Überprüfung der Zeitkoeffizienten der Zeitablenkeinrichtung.	56
4.5	Abgleich des Tastkopfes	60
5	Wechselspannungsmessungen nach der Vergleichsmethode	63

6	Strommessungen	66
7	Zeit- und Frequenzmessungen	67
7.1	Messung der Zeitdauer	67
7.2	Frequenzmessung	68
7.3	Frequenzmessung durch Synchronisation des Kippgerätes	70
8	Frequenzbestimmung mit der X-Y-Methode	77
8.1	Frequenzbestimmung mit Lissajous-Figuren	77
8.2	Frequenzbestimmung durch Modulation eines Lissajous-Kreises	81
8.3	Frequenzbestimmung mit helligkeitsgesteuertem Lissajous-Kreis	83
9	Phasenmessungen	87
9.1	Phasenmessung mit dem Einstrahl-Oszilloskop	88
9.2	Phasenmessung mit Helligkeitssteuerung	91
9.3	Phasenmessung mit Verstärker-Umschalter	95
9.4	Phasenmessung durch Lissajous-Figur (Ellipse)	99
10	Darstellung von Hysteresisschleifen	102
11	Aufnahme von Kennlinien	104
11.1	Kennlinien von Elektronenröhren	105
11.1.1	Aufnahme von Diodenkennlinien	105
11.1.2	Kennlinien von Verstärkerröhren	105
11.2	Kennlinien von Halbleiter-Bauelementen	108
11.2.1	Kennlinie von Dioden	108
11.2.2	Kennlinienfeld des Transistors	111
11.2.2.1	Der npn-Transistor in Emitterschaltung	111
11.2.2.2	Der npn-Transistor in Basisschaltung	115
11.3	Kennlinienschreiber	117
12	Zusammengesetzte und amplitudenmodulierte Schwingungen	123

13	Sichtbarmachung von Durchlaßkurven.	128
14	Prüfung von Einzelteilen	138
15	Prüfung von Gleichrichtern und Siebketten. . . .	141
16	Messungen an Verstärkern	147
17	Frequenzeichung von Hf-Generatoren	150
18	Das Arbeiten mit einer zweifachen Zeitablenk-	
	einrichtung.	154
18.1	Verzögerte Zeitablenkung	155
18.1.1	Funktionsweise der verzögerten Zeitablenkung .	155
18.1.2	Dehnung eines Signals	156
18.1.3	Verzögerte Triggerung	157
18.1.4	Zeitmessung mit der verzögerten Zeitablenkung	157
18.1.5	Phasenmessung mit der verzögerten Zeit-	
	ablenkung	158
18.2	Zweifache Zeitablenkung	159
18.3	Gemischte Zeitablenkung	160
19	Anwendung von Speicher-Oszilloskopen	162
19.1	Oszilloskope mit Sichtspeicherröhre	162
19.2	Oszilloskope mit Halbleiterspeicher.	164
20	Hinweise für den Praktiker	166
Literatur	167
Sachverzeichnis.	177

Wichtiger Hinweis

Die in diesem Buch wiedergegebenen Schaltungen und Verfahren werden ohne Rücksicht auf die Patentlage mitgeteilt. Sie sind ausschließlich für Amateur- und Lehrzwecke bestimmt und dürfen nicht gewerblich genutzt werden*).

Alle Schaltungen und technischen Angaben in diesem Buch wurden vom Autor mit größter Sorgfalt erarbeitet bzw. zusammengestellt und unter Einschaltung wirksamer Kontrollmaßnahmen reproduziert. Trotzdem sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Der Verlag sieht sich deshalb gezwungen, darauf hinzuweisen, daß er weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen kann. Für die Mitteilung eventueller Fehler sind Autor und Verlag jederzeit dankbar.

*) Bei gewerblicher Nutzung ist vorher die Genehmigung des möglichen Lizenzinhabers einzuholen.

1 Daten der Elektronenstrahl-Oszilloskope, Definitionen und Erläuterungen

Um dem Leser ein besseres Verständnis dieses Buches zu ermöglichen und die Einarbeitung in die Meßtechnik mit dem Elektronenstrahl-Oszilloskop zu erleichtern, sind in diesem Abschnitt die wichtigsten Daten der Elektronenstrahl-Oszilloskope (im folgenden kurz Oszilloskop genannt) und deren Definitionen sowie andere wichtige Fachausdrücke, wie sie bei Messungen vorkommen, angegeben.

Die Daten wurden zusammengestellt in Anlehnung an die Neufassung von DIN 43740 vom Februar 1976 und die Veröffentlichung Nr. 351 der internationalen elektrotechnischen Kommission (IEC) von 1971, in der unter maßgeblicher Mitarbeit deutscher Wissenschaftler Empfehlungen zur internationalen Normung von Fachausdrücken, Datenblättern und Testbedingungen bei Elektronenstrahl-Oszilloskopen ausgearbeitet wurden.

Die neue DIN 73740 stellt eine Übernahme der IEC-Publikation in die neue deutsche Norm dar. DIN 73740 ist im Oktober 78 durch einen Entwurf zu Teil 2 ergänzt worden, der speziell den Speicher-Oszilloskopen gewidmet und weitgehend an die am 1. August 76 veröffentlichte IEC-Publikation 351.1 angelehnt ist.

1.1 Allgemeine Definition des Elektronenstrahl-Oszilloskops

Ein Oszilloskop ist ein Gerät für Meß- und Beobachtungszwecke, das die Ablenkung eines oder mehrerer Elektronenstrahlen in einer Elektronenstrahlröhre benutzt, um veränderliche Größen darzustellen. Eine dieser Größen ist im allgemeinen die Zeit.

Diese Definition gilt für alle Geräte zum Messen elektrischer Größen, sofern sie

- a) eine Elektronenstrahlröhre,
- b) eine Einrichtung zur vertikalen Ablenkung des Elektronenstrahls,
- c) eine Zeitablenkung und/oder eine Einrichtung zur horizontalen Ablenkung des Elektronenstrahls besitzen.

Die eben genannte Definition des Elektronenstrahl-Oszilloskops gilt auch für die Abtast-Oszilloskope, Kennlinienschreiber, Mehrfach-Oszilloskope, Oszilloskope mit radialer Ablenkung und Speicher-Oszilloskope, wenn sie die unter a) bis c) angegebenen Bedingungen erfüllen, sowie vollständige Kombinationen von Oszilloskopen und trennbaren oder eingebauten Teilen z. B. Tastköpfen oder Einschüben.

1.2. Tabelle der technischen Daten

Lfd. Nr.	Benennung	Einheit	Erklärung
1	Oszilloskop-Typ		
	a) Meß-Oszilloskop <i>Measuring Oscilloscope</i>		Oszilloskop, das mit Hilfe fester, wählbarer Meßbereiche zu Messungen innerhalb festgelegter Fehlergrenzen geeignet ist. Er kann eingebaute Eicheinrichtungen besitzen. Der Raster des Oszilloskops kann entweder selbst kalibriert sein, oder mittelbar mit Bezug auf kalibrierte Einstellorgane verwendet werden.
	b) Beobachtungs-Oszilloskop <i>Observation Oscilloscope</i>		Oszilloskop, das zum Beobachten, jedoch nicht zum Messen mit festgelegten Fehlergrenzen

Lfd. Nr.	Benennung	Einheit	Erklärung
			geeignet ist. Beobachtungs-Oszilloskope können eine Linearität und Stabilität aufweisen, die ausreichend sind, um Messungen nach Kalibrierung mit Hilfe externer Einrichtungen zu ermöglichen.
c)	Mehrfach-Oszilloskop <i>Multitrace Oscilloscope</i>		<p>Oszilloskop, mit dem man gleichzeitig mehrere Signale messen oder beobachten kann. Dies kann erzielt werden durch</p> <ul style="list-style-type: none"> a) eine Röhre mit mehreren Elektronenstrahlerzeugern (Mehrschicht-Oszilloskop) b) eine Röhre mit geteiltem Elektronenstrahl (Spaltstrahl-Oszilloskop) c) einen Strahl und elektronische Umschaltung (Mehrkanal-Oszilloskop), die den Strahl in mehrere Strahlen zerhackt, oder aber abwechselnd nacheinander mehrere Linienzüge abbildet. d) ein Oszilloskop mit mehreren Röhren (Mehrröhren-Oszilloskop)
d)	Abtast-Oszilloskop <i>Sampling Oscilloscope</i>		Oszilloskop, bei dem das Schirmbild durch punktwises Abtasten des Signalverlaufes erzeugt wird (Stroboskopisches Oszilloskop)

Lfd. Nr.	Benennung	Einheit	Erklärung
2	Elektronenstrahlröhre <i>Cathode-ray tube</i>		Im Sinne der Norm eine Vakuumröhre, in der Elektronenstrahlen durch Ablenkung und elektronen-optischer Abbildung zur Signal-Bild-Wandlung verwendet werden.
	a) Mehrstrahlröhre <i>Multi-beam-tube</i>		Angabe ob Mehrstrahl- oder Spaltstrahl-Röhre
	b) Nennmaß <i>Dimensions</i>	mm	Angabe des Durchmessers bei runder bzw. Angabe der Kantenlänge bei rechteckiger Bildschirmfläche.
	c) Meßfläche ¹⁾ <i>Measuring area</i>	mm	Teil des Bildschirms, innerhalb dessen bei Messungen festgelegte Fehlergrenzen eingehalten werden.
	d) Nennablenkung <i>Rated deflection</i>		Ablenkung von Grenze zu Grenze der Meßfläche.
	e) Bildschirm <i>Screen</i>		Fläche einer Oszilloskop-röhre, auf der durch den Elektronenstrahl das Bild erzeugt wird. Angaben über den Leuchtstoff, seine Farbe und seine Nachleuchtdauer.
	f) Ablenkspannung <i>Deflection voltage</i>	V	Spannung zwischen den Ablenkplatten, die das Ablenken des Elektronenstrahls und damit des Leuchtflecks bewirkt.

¹⁾ Oft wird in Prospekten statt dessen die „nutzbare bzw. aussteuerbare Bildschirmfläche“ angegeben. Dies entspricht jedoch nicht der Norm.

Lfd. Nr.	Benennung	Einheit	Erklärung
	g) Gesamtbeschleunigungsspannung <i>Total accelerating voltage</i>	kV	Spannung zwischen Katode und Bildschirm. Sie ist maßgebend für die Bildhelligkeit.
	h) Ablenkkoeffizient <i>Deflection coefficient</i>	V/cm V/Teil (V/Div.)	Spannungsänderung, die für 1 cm bzw. 1 Teilung Strahlauslenkung an den Ablenplatten notwendig ist. Bei Wechselfspannungen bezieht sie sich auf die Spannung von Scheitel zu Scheitel.
3	Y-Verstärker <i>Y-Amplifier</i>		Angabe über die Art des Verstärkers, z.B. Gleichspannungsverstärker, Wechselspannungsverstärker, Differenzverstärker.
	a) Typ <i>Type</i>		
	b) Kanäle <i>Channels</i>		Anzahl der Kanäle
	c) Betriebsart <i>Mode of operation</i>		Nur bei mehrkanaligen Verstärkern, z.B. jeder Kanal einzeln oder kombiniert (A+B, A-B), alternierend oder gehopped.
	d) 3-dB-Bandbreite <i>3 dB bandwidth</i>	Hz...Hz	Frequenzbereich, innerhalb dessen die Verstärkung um nicht mehr als 3 dB (etwa 30 %) von dem Wert bei Referenzfrequenz abweicht.
	e) Anstiegszeit <i>Rise time</i>	ns	Zeitdauer, die der Verstärker benötigt, um der Amplitude eines idealen Rechtecksprunges von 10 % auf 90 % zu folgen.

Lfd. Nr.	Benennung	Einheit	Erklärung
f)	Überschwingen <i>Overshoot</i>	%	Überschwingen der Sprungantwort über das Dach eines idealen Rechtecksprunges.
g)	Dachschräge <i>Pulse tilt</i>	%	Verzerrung eines Rechteckimpulses durch einen Anstieg oder Abfall des Impulsdaches. Sie wird als Verhältnis vom Dachabfall zur Rechteckhöhe angegeben.
h)	Ablenk- koeffizient <i>Deflection coefficient</i>	V/cm V/Teil. (V/Div.)	Eingangsspannung, die bei voller Verstärkung für 1 cm bzw. 1 Teilung Strahlauslenkung notwendig ist.
i)	Abschwächer <i>Attenuator</i>		Einrichtung, die eine Signalspannung in festgelegtem Teilungsverhältnis herabsetzt. Meist hat sie eine zusätzliche, ungeeichte und kontinuierliche Einstellmöglichkeit zwischen den Stufen.
k)	Eingangs- impedanz <i>Input impedance</i>	$M\Omega pF$	Belastung des Meßobjektes durch den Verstärkereingang. Die Eingangsimpedanz wird als Parallelschaltung eines Widerstands und eines Kondensators angegeben.
l)	Maximale Eingangsspannung <i>Maximum permissible input voltage</i>	V	Eingangsspannung, die noch zulässig ist, ohne daß der Verstärker zerstört wird. Angabe über die Art der Ankopplung, z.B. wechselfspannungsgekoppelt.
m)	Entkopplungs- faktor <i>Decoupling factor</i>	.	Verhältnis des Ablenkkoeffizienten, der durch unerwünschte Einwirkung von einem Kanal auf den anderen auftritt, zu dem Ablenkkoeffizienten des störenden Kanals.

Lfd. Nr.	Benennung	Einheit	Erklärung
n)	Gleichtaktunterdrückungsfaktor <i>Rejection factor</i>		Maß für die Unempfindlichkeit eines Differenzverstärkers gegen gleichphasige Signalspannungen. Es ist das Verhältnis des Ablenkoeffizienten für das gleichphasige Signal zu dem Ablenkoeffizienten für das Differenzsignal.
o)	Scheinbare Signalverzögerung <i>Apparent signal delay</i>	ns	Zeitdauer zwischen dem sichtbaren Beginn der Strahlspur und der Stelle, an der die Darstellung eines Sprungsignals 10 % der vollen Amplitude erreicht.
p)	Bildverschiebung <i>Positioning</i>		(Horizontale bzw. vertikale) Lageänderung des Bildes durch Betätigen des entsprechenden Einstellers.
q)	Drift <i>Drift</i>		Unbeabsichtigte, im allgemeinen langsame und einseitig gerichtete Lageänderung des Leuchtflecks innerhalb einer festgelegten Zeitdauer, z.B. Langzeitdrift, Kurzzeitdrift.
r)	Linearitätsfehler <i>Linearity error</i>	%	Prozentualer Unterschied zwischen dem Ablenkoeffizienten für kleine Abschnitte innerhalb der Meßfläche und dem Koeffizienten, der bei Nennablenkung oder einem größeren Teil davon ermittelt wurde.
s)	Eichspannung <i>Calibration voltage</i>	V	Angabe der Eichspannung und deren Frequenz sowie deren Genauigkeit.
4	X-Verstärker <i>X-Amplifier</i>		Angaben wie unter Lfd.Nr. 3 zum Y-Verstärker

Lfd. Nr.	Benennung	Einheit	Erklärung
5	Zeitablenkeinrichtung <i>Time base</i>		Einrichtung zum Ablenken des Leuchtflecks in Abhängigkeit von der Zeit. Angaben über die Art der Zeitablenkung, z.B. selbstschwingend (<i>free running</i>), getriggert oder durch Einzelauslösung (<i>Single sweep operation</i>).
	a) Selbstschwingende Zeiteinrichtung <i>Free running time base</i>		Zeitablenkeinrichtung, die auch ohne Synchronisierungssignal periodisch schwingt.
	b) Triggerbare Zeitablenkeinrichtung <i>Triggered time base</i>		Zeitablenkeinrichtung, die eine Ruhestellung hat und bei der jede einzelne Ablenkung durch einen Triggerimpuls ausgelöst wird. Die Ablenkung ist nicht notwendigerweise regelmäßig. Beliebige Werte des Zeitkoeffizienten können unabhängig von der Folgefrequenz des Signals gewählt werden.
	c) Einmalige Zeitablenkung <i>Single sweep</i>		Einzeln auslösbare Zeitablenkung, wobei bis zur erneuten Freigabe von außen jede weitere Zeitablenkung gesperrt ist.
	d) Bildstillstand <i>Display stabilization</i>		Zustand, bei dem die Zeitablenkfolge von dem zu beobachtenden oder einem dazugehörigen Signal so beeinflusst wird, daß das Bild stillsteht.